بول ديفز

التدبير الإلهي

الأساس العلمي لعالم منطقي

يتحرى من جديد أسئلة الوجود الكبرى... ومن خلال ذلك
يقدم جولة ممتعة ومثيرة لأحدث التطورات في الفيزياء النظرية

ترجمة : محمد الجورا

مراجعة علمية : د. جهاد ملحم

التدبير الإلهي
الأساس العلمي لعالم منطقي

* التدبيـــــر الإلـهـــــي،
الأساس العلمي لعالم منطقي
* بـول ديفـــــز
* الطبعة الأولى ٢٠٠٩

* دار الحصاد للنشر والتوزيع
سوريـة، دمشـــق، ص.ب: ٤٤٩٠
ها/فاكس ٢١٢٦٣٢٦، ٢١٣٤٦٩٢
* المراجعة العلمية: د. جهاد ملحم
* م.و.إ.ع.ط: ١٠٢٠٦٤، ت: ٢٠٠٩/٧/٨

بول ديفز

التدبير الإلهي
الأساس العلمي لعالم منطقي

يتحرى من جديد أسئلة الوجود الكبرى... ومن خلال ذلك
يقدم جولة ممتعة ومثيرة لأحدث التطورات في الفيزياء النظرية

ترجمة: محمد الجورا
مراجعة علمية: د.جهاد ملحم



مقدمة

عندما كنت طفلاً صغيراً، كنت أغيظ والدايّ عندما كنت أسألهما لماذا حدث هذا أو ذاك؟ لماذا لا أستطيع الخروج كي ألعب؟ فكانت إجابتهما: لأن السماء قد تمطر. ولماذا تمطر؟ لأن مسؤول نشرة الأحوال الجوية قال ذلك. ولماذا قال ذلك؟ لأن هناك عواصف قادمة من فرنسا، وهكذا دواليك. هذه الأسئلة التي لا تتوقف كانت عادة ما تنتهي بإجابة يائسة «لأن الله جعل الأمر بتلك الطريقة، وذاك هو ذاك». حبي لاكتشاف الأشياء كان ينبع من الملل أكثر مما كان نابعاً عن ذكاء فلسفي، سيما أن تفسير حقيقة أو ظرف بحد ذاته كان يتطلب تفسيراً آخر، وبالتالي قد تستمر هذه السلسلة دونما حدود، وهذه الحالة سببت لي المتاعب منذ ذلك الحين. فهل كان في وسع سلسلة التفسير أن تتوقف فعلاً في مكان ما، عند الله ربما؟ أو من خلال قانون طبيعي خارق؟ فإذا كان الأمر كذلك، فكيف يتفادى هذا التفسير الخارق الحاجة لأن يُفَسَّر؟ باختصار هل كانت الإجابة النهائية «لأن ذلك هو ذاك» تفسيراً مقبولاً.

عندما أصبحت طالباً جامعياً، فرحت بمقدرة العلم على تقديم إجابات تعدّ اختراقاً على أسئلتنا عن العالم. فمقدرة العلم على تفسير الأشياء مذهلة جداً، فسرعان ما اعتقدت أنه إذا ما توافرت الموارد، فقد يتم الكشف عن أسرار الكون جميعاً. مع ذلك، فإن أسئلة لماذا، وما كان يرافقها من قلق عاودتني ثانية. فما الذي يقع عند أسفل هذا المخطط التفسيري الرائع؟ وما الذي يبقيه قائماً؟ وهل هناك مستوى نهائي؟ وإذا ما وُجد هذا المستوى فمن أين أتى؟ وهل بوسع المرء أن يرضى بتفسير «ذاك هو ذاك».

في السنوات التالية، بدأت بالبحث في موضوعات أصل الكون، طبيعة الزمن، توحيد قوانين الفيزياء، فوجدت نفسي أتجاوز إلى منطقة كانت لقرون عديدة حكراً على منطقة تابعة للدين. مع ذلك، كان العلم ـ هنا ـ إما يقدم إجابات على قسم تركه

كأسرار مظلمة، أو يكشف أن المفاهيم ذاتها التي تستمد هذه الأسرار قدرتها منها كانت في حقيقة الأمر لا معنى لها، أو أنها خاطئة حتى. فكان كتابي/ الله والفيزياء الحديثة/ محاولة أولى يمسك بهذا الصدام بين الأيديدولوجيات. وكتاب /عقل الله/ هو محاولة أكثر أهمية.

لكن منذ نشر كتابي الأول، ظهر الكثير من الأفكار الحديثة إلى مقدمة الفيزياء الأساسية: نظرية الوتر الخارق، ونظرية كل شيء، الكسمولوجيا الكمومية كوسيلة لتفسير كيف نشأ الكون من لا شيء، وعمل ستيفن هاوكنغ في «الزمن الوهمي»، والشروط الكوسمولوجية الأولى، نظرية العماء ومفهوم أنظمة ذات تنظيم ـ ذاتي، وتطورات في نظرية الحوسبة والتعقيد. يضاف إلى كل هذا الاهتمام الناشئ الهائل بما يوصف بالحد المشترك بين العلم والدين. لقد اتخذ هذا الاهتمام شكلين واضحين: الأول حوار متزايد بين العلماء والفلاسفة واللاهوتيين حول مفهوم الخلق والقضايا ذات الصلة به. والشكل الثاني: تيار متنام لتفكير صوفي وفلسفة شرقية، زعم بعض أنصاره أنه يقيم صلة عميقة ذات معنى مع الفيزياء الأساسية.

إنني أود أن أوضح موقفي من البداية. إنني كأستاذ محترف ملتزم تماماً بالطريقة العلمية في تحري العالم. وأعتقد أن العلم طريقة هائلة القدرة، وتساعدنا في فهم الكون المعقد الذي نعيش فيه. لقد أوضح التاريخ إن نجاحات العلم كثيرة، ولا يكاد يمر أسبوع دون إحراز تقدم جديد. إن جاذبية الطريقة العلمية تمضي إلى خلف طاقتها ومداها الهائلين. وهناك أيضاً النزاهة التي لا تعرف المساومة أيضاً. فكل اكتشاف جديد، وكل نظرية جديدة مطلوبة لاجتياز امتحانات قبول متشددة تجريها جماعة علمية قبل قبولها. ففي التطبيق العملي، لا يتبع العلماء دائماً الاستراتيجيات المدرسية. وأحياناً أخرى تكون البيانات مشوشة وملتبسة. وأحياناً أخرى يؤيد علماء مرموقون نظريات مريبة بعد مرور فترة طويلة على دحضها. وفي أحيان قليلة يقوم العلماء بالغش، لكن هذه الحالات هي مجرد انحرافات. لكن العلم ـ عموماً ـ يقودنا باتجاه معرفة موثوقة يمكن الركون إليها.

إنني ـ دائماً ـ أود أن أعتقد أن باستطاعة العلم ـ من حيث المبدأ ـ أن يفسر كل شيء. لكن غير العلماء ينكرون هذا الزعم بكل قوة. فمعظم الأديان تطالب بالإيمان على الأقل ببعض الأحداث الخارقة للطبيعة التي هي من خلال التعريف من المحال

مصالحتها مع العلم. فأنا شخصياً، أفضل ألا أعتقد بأحداث خارقة للطبيعة. فعلى الرغم من أنني لا أستطيع أن أبرهن أنها لا تحدث أبداً، إلا أنني لا أرى سبباً لأفترض أنها تحدث. إنني أميل إلى الافتراض أن قوانين الطبيعة تطاع في جميع الأوقات. لكن حتى إن يستبعد المرء أحداثاً خارقة للطبيعة، لكن مايزال واضحاً أن العلم استطاع ـ من حيث المبدأ ـ أن يفسر كل شيء في الكون الفيزيائي. بيد أن المشكلة القديمة المتعلقة بنهاية السلسلة التفسيرية ماتزال قائمة. فمهما كانت تفسيراتنا العلمية ناجحة، فإن فيها دائماً افتراضات بداية مبنية داخلها. فعلى سبيل المثال تفسير إحدى الظواهر من خلال الفيزياء يفترض مسبقاً صحة قوانين الفيزياء التي تؤخذ مثلما تقدم إلينا. لكن في المقام الأول، يستطيع المرء أن يسأل من أين تأتي هذه القوانين. يمكننا أن نسأل عن أصل المنطق الذي تؤسس عليه المحاكمة العلمية. فسوءاً عاجلاً أم آجلاً علينا أن نقبل شيئاً على أنه مُعطى، سواء أكان ذلك الشيء هو الله، أم المنطق، أم مجموعة من القوانين، أم أساس آخر للوجود. وبالتالي فإن الأسئلة النهائية سوف تكمن دائماً خلف مدى العلم الإمبريقي كما يعرّف عادة. فهل يعني هذا أن أسئلة الوجود العميقة حقاً هي غير قابلة للإجابة عليها؟

وينبغي أن أنوه بعد تصفح قائمة عناوين الفصول في هذا الكتاب هي أن معظمها أسئلة.

حسبت ـ في البداية ـ أن هذه الأسئلة لا تنم عن أسلوبية رشيقة، لكنني أدرك ـ الآن أن ذلك يعكس اعتقادي الفطري أن من المحال أن يصل البشر إلى قاع كل شيء. ويبدو دائماً أن هناك دائماً «سر عند نهاية الكون». كما أن متابعة البحث العقلاني إلى أقصى الحدود يبدو أمراً جديراً بالمحاولة. فحتى برهان سلسلة استنتاج لا يمكن بلوغها حد الاكتمال، مع ذلك يجدر معرفتها. وكما سنرى، لقد تم إيضاح شيء من هذا النوع في الرياضيات.

يدين العديد من العلماء الممارسين للعلم أيضاً. فبعد أن نشرت كتابي/ الله والفيزياء الحديثة/، دهشت لدى اكتشافي أن الكثيرين من زملائي العلماء المقربين كانوا يمارسون ديناً تقليدياً. وأن في بعض الحالات بإمكانهم الحفاظ على هذين الجانبين من حياتهم منفصلين تماماً، وكأنما العلم يحكم ستة أيام من الأسبوع، ويحكم الدين في يوم

الأحد. كما نجد أن بعض العلماء يبذلون جهوداً مخلصة وجادة لجعل دينهم وعلمهم في حالة من الانسجام. فهذا يستدعي ـ عادة ـ القيام بنظرة ليبرالية جداً إلى المعتقد الديني من ناحية، وإشباع عالم الظواهر الفيزيائية بمعنى يجده العديد من زملائهم العلماء أمراً غير محبب من ناحية أخرى.

فمن بين العلماء الذين ليسوا متدينين بالمعنى التقليدي للكلمة، نجد كثيرين يعترفون بشعور غامض بوجود «شيء ما» خلف سطح حقيقة الحياة اليومية، معنى ما خلف هذا الوجود. كما أننا نجد في أوساط الملحدين الصلبين إحساساً يسمى تبجيل الطبيعة، افتتان واحترام لحماقتها وجمالها وغورها، وهذا الشعور مماثل للرهبة والخشوع الديني، إن العلماء ـ حقاً ـ أناس عاطفيون جداً تجاه هذه المسائل، كما أن هناك سوء فهم أكبر تجاه العلماء، إنه الاعتقاد الواسع الانتشار بأنهم أفراد، دون روح، وقساة وباردين.

إنني أنتمي إلى هذه الجماعة من العلماء الذين لا يشتركون في دين تقليدي، لكنهم، في الوقت ذاته، ينكرون أن الكون هو حادثة لا غاية لها. فمن خلال عملي العلمي توصلت إلى أن أعتقد بقوة متزايدة أن الكون الفيزيائي قد دُمج سوياً بمهارة مذهلة جداً، لا أستطيع قبولها كحقيقة صرف فقط. كما يبدو لي أنه ينبغي أن يكون هناك مستوى من التفسير أكثر عمقاً. فإن يرد المرء أن يسمى ذلك المستوى الأعمق «الله» فتلك مسألة تعريف وميل شخصي. الأكثر من ذلك، لقد توصلت إلى الرأي بأن العقل ـ أي الإدراك الواعي للعالم وللطبيعة ـ ليس سمة عرضية، ولا معنى لها بل جانب أساسي تماماً من جوانب الواقع. وينبغي ألا نقول إننا نحن الغاية التي من أجلها خلق الكون. إنني أعتقد أننا ـ نحن البشر ـ موجودون داخل مخطط الأشياء بطريقة أساسية جداً.

وفي هذا الكتاب سأحاول تقديم أسباب اعتقاداتي هذه، كما أنني سوف أمحص أيضاً بعضاً من النظريات والمعتقدات لدى علماء ولاهوتيين آخرين لا يتفقون مع نظرتي أنا. فمعظم المناقشة يشمل تطورات جيدة عند تخوم العلم، فبعضها قاد إلى أفكار هامة ومثيرة حول الله، والخلق، وطبيعة الواقع. مع ذلك، ليس المراد من هذا الكتاب أن يكون عرضاً تفصيلياً عن تداخل العلم والدين، بل أن يكون سعياً شخصياً أكثر من أجل الفهم. وبالتالي يتوجه الكتاب إلى عامة القراء، ولذلك أبقيت الجوانب التقنية في

حدودها الدنيا. إذ ليس من الضروري أن تتوفر ـ لدى القارئ ـ معرفة مسبقة بالرياضيات والفيزياء.

لقد ساعدني في بحثي هذا أناس كثيرون، ومن المحال أن أذكر أسماءهم جميعاً، مع أنني أقر لهم بالعرفان. لقد استفدت كثيراً من محادثات كنا نجريها مع زملائي أثناء فترة استراحة تناول القهوة في جامعتي نيوكاسل في تايني Tyne وفي أديلايدAdelaide. كما أنني تلقيت أيضاً أفكاراً رائعة من أحاديث أجريتها مع كل من جون باريت، وجون بارو، وبرنار كار، وفيليب ديفز، وجورج إليس، وديفيد هوتون، وكريس إشام، وجون ليزلي، وولتر ميرشتاين، ودنكن ستيل، وآرثر بيكوك، وروجر بينروس، ومارتن رينر، وراسل ستانارد، وبل ستوجر. لقد ألهمني الاستماع إلى محاضرات أخرى كثيرة. كما قدم كل من غراهام نيرليش وكيث ورد ـ إضافة لكل من سبق ذكرهم ـ تعليقات قيمة جداً ومفصلة على بعض أجزاء مخطوط هذا الكتاب.

أخيراً، أود أن أشير إلى مسائل المفردات اللغوية. فعند مناقشة موضوع الله، من المحال ـ في أغلب الأحيان ـ تجنب استخدام بعض الضمائر الشخصية. فالتزمت بهذا التقليد المعتاد باستخدام الضمير «He ـ هو». فهذا لا يعني أنني أؤمن بإله مذكر، أو حتى بفكرة الله كشخص بأي معنى بسيط. وكذلك الأمر باستخدام كلمة «الإنسان» في القسم الأخير لأشير إلى نوع الإنسان العاقل، وليس إلى أشخاص ذكور. وعند ذكر أعداد كبيرة أو صغيرة فقد استخدمت نموذج القوى، فعلى سبيل المثال ١٠ أس ٢٠ يعني واحد يتلوها عشرون صفراً، بينما ١٠ أس ناقص ٢٠ يعني ٢٠ ١/١٠.



الفصل الأول

العقل والاعتقاد

لدى الكائنات البشرية جميع أنواع المعتقدات، والطريقة التي توصلوا فيها إلى هذه المعتقدات تختلف بدءاً من مناقشة منطقية حتى الإيمان الأعمى. فبعض هذه المعتقدات مبني على تجربة شخصية، وأخرى على التربية، وأخرى على التلقين. كما نجد أن معتقدات كثيرة فطرية دون شك، ونجد أنفسنا مولودين معها كنتيجة لعوامل تطور. كما نشعر أننا نستطيع تبرير بعض العقائد، بينما نتبنى بعضها الآخر لكونها مشاعر جيدة.

بكل وضوح الكثير من معتقداتنا خاطئ، إما لأنها غير متماسكة، أو لأنها تتناقض مع معتقدات أخرى، أو لأنها تناقض الحقائق. فقبل نحو ألفين وخمسمائة سنة جرت - في اليونان القديمة - أول محاولة منهجية لإرساء بعض أسس عامة للمعتقد. لقد سعى الفلاسفة الإغريق لإيجاد سبيل لصياغة محاكمة عقلية بشرية عن طريق تقديم قواعد استنباط منطقية لا يمكن مهاجمتها. لقد أمل هؤلاء الفلاسفة بإزالة الإرباك، وسوء الفهم، والخصومة التي تسم الشؤون البشرية عن طريق الإلتزام بخطوات متفق عليها في النقاش العقلي. والهدف النهائي لهذه الخطة كان الوصول إلى مجموعة افتراضات أو بديهيات يقبلها جميع الرجال والنساء العاقلين، ومنها ينساب حسم جميع النزاعات.

ينبغي القول إنه لم يتم بلوغ هذا الهدف، حتى وإن لم يكن بلوغه ممكناً. فالعالم الحديث مبتل بتنوع أكثر في المعتقدات أكثر من أي وقت مضى، فكثير من المعتقدات يبدو غريباً وخطيراً حتى، وجدال عقلي يعده كثيرون من الناس العاديين سفسطة لا توصل إلى هدف. ففي العلم فقط - خاصة في الرياضيات - تم إعلاء مُثل الفلاسفة

الإغريق (وفي الفلسفة ذاتها طبعاً). فعندما يصل الأمر إلى معالجة قضايا الوجود العميقة فعلاً، كأصل ومغزى الكون، ومكان البشرية في العالم، وبنية ونظام الطبيعة نجد ميلاً قوياً إلى الانكفاء إلى اعتقاد غير معلل منطقياً. والعلماء أنفسهم ليسوا محصنين من ذلك. مع ذلك هناك تاريخ طويل ومحترم من المحاولات لمواجهة مثل هذه القضايا من خلال تحليل موضوعي عقلاني. فإلى أي مدى يستطيع جدل منطقي أن يأخذنا؟ هل باستطاعتنا أن نأمل فعلاً بالإجابة على أسئلة الوجود النهائية عبر البحث العلمي والعقلي؟ أم أننا سوف نواجه دائماً سراً لا يمكن اختراقه عند مرحلة من المراحل؟ وعلى أية حال، ما هي العقلانية البشرية؟

المعجزة العلمية

خلال جميع العصور، امتدحت جميع الحضارات جمال وبهاء عبقرية الكون الفيزيائي، والحضارة العلمية الحديثة فقط هي التي قامت بمحاولة منهجية لدراسة طبيعة الكون ومكاننا فيه. إن نجاح الطريقة العلمية في الكشف عن أسرار الطبيعة مذهل جداً، لدرجة أن باستطاعته أن يعمينا عن أعظم معجزة علمية: الأعمال العلمية. فحتى العلماء أنفسهم يعتقدون بدهياً أننا نعيش في كون منظم ومنطقي، خاضع لقوانين دقيقة بإمكان المحاكمة العقلية أن تكشفها. فلماذا يجب أن يبقى «هذا هو كذلك» سراً مزعجاً، ولماذا يتوجب على الكائنات البشرية أن تمتلك المقدرة على أن تكتشف وتفهم المبادئ التي يسير عليها الكون؟

ففي السنوات الحديثة بدأ المزيد من العلماء والفلاسفة بدراسة هذا اللغز. فهل نجاحنا في تفسير العالم ـ باستخدام العلم والرياضيات ـ مجرد مصادفة سعيدة، أم أنها أمر لا بد منه، أن العضويات البيولوجية التي نشأت من النظام الكوني يجب أن ينعكس ذلك النظام في قدراتها على الفهم؟ وهل التقدم الرائع لعلمنا مجرد جانب عرضي من التاريخ، أم أنه يشير إلى توافق ذي مغزى عميق بين العقل البشري وبين التنظيم الكامن في العالم الطبيعي؟

قبل نحو أربعمائة سنة وصل العلم إلى حالة نزاع مع الدين، لأنه كما بدا أنه يهدد مكانة الإنسان المريحة في كون صممه الله، ومبني لغاية. بدأت الثورة على يد كوبرنيكوس، وانتهت بداروين، وأدت إلى تهميش الكائنات البشرية، بل وتتفيهها حتى. إذ لم يعد الناس ملقون في وسط مخطط عظيم، وأنيط بهم دور يبدو لا هدف له، وعَرضي، في مسرحية كونية لا مبالية، مثل أشياء تمت إضافتها بشكل عَرضي إلى مجموعة سينمائية ضخمة. هذه الروح العامة الوجودية قد أصبحت شعار العلم، أي

ليس هناك مغزى في الحياة البشرية خارج ما يستثمره البشر أنفسهم في هذا الوجود. فلهذا السبب يرى الناس العاديون العلم كمهدد لهم، ويحط من شأنهم: لقد غربهم عن الكون الذي يعيشون فيه.

إنني سأقدم نظرة مختلفة كلياً للعلم، في الفصول التالية، فبعيداً عن عرض الكائنات البشرية كنتاجات عَرضية لقوى مادية عمياء، يقترح العلم أن وجود عضويات واعية هو سمة أساسية في الكون. وتم تدوين قوانين الطبيعة بطريقة عميقة وذات مغزى تام. كما أنني لا أعد العلم نشاطاً تغريبياً، بل بعيداً كل البعد عن ذلك، فالعلم بحث نبيل ومُغنٍّ يساعدنا على فهم العالم بطريقة موضوعية ومنهجية. لقد أكدت سابقاً أن العلم يعمل بشكل جيد، ويشير إلى شيء ذي أهمية عميقة حول نظام الكون. إن أية محاولة لفهم طبيعة الواقع ومكان الكائنات البشرية في الكون يجب أن تنطلق من قاعدة علمية سليمة. فالعلم ـ بطبيعة الحال ـ ليس المخطط الفكري الوحيد للسيطرة على اهتماماتنا. فالدين يزدهر حتى في عصرنا الذي نسميه عصر العلم. وقد ألمح آينشتاين ذات مرة إلى أن الدين دون العلم فإنه أعرج.

البحث العلمي هو رحلة في المجهول. وكل تقدم يجلب معه اكتشافات جديدة غير متوقعة، كما أنه يتحدى عقولنا بمفاهيم غير عادية، وصعبة أحياناً. ومن خلال هذا كله يستمر المسار المألوف للعقلانية والنظام. فهذا النظام الكوني ـ كما سنرى ـ محكوم بقوانين رياضية محددة تتداخل مع بعضها لتشكل وحدة منسجمة بارعة، فالقوانين محكومة ببساطة أنيقة، وغالباً ما تزكي نفسها إلى العلماء على خلفيات الجمال، مع ذلك، تسمح هذه القوانين البسيطة للمادة والطاقة أن تنظم نفسها في تنوع هائل لحالات معقدة، من بينها حالات نوعية للوعي، وتستطيع ـ بدورها ـ أن تنعكس على النظام الكوني ذاته الذي أنتجها.

من بين الأهداف الطموحة لهذا الانعكاس إمكانية أننا قد نكون قادرين أن نصوغ نظرية «كل شيء»، أي وصف تام للعالم في مفردات نظام مغلق مكون من حقائق منطقية. إن البحث عن TOE قد أصبح مثل البحث عن الكأس المقدسة، بالنسبة لعلماء الفيزياء، وهذه الفكرة جذابة وممتعة دون شك. فإذا كان الكون تبدياً لترتيب عقلي، فقد نكون قادرين أن نستنتج طبيعة العالم من «الفكر المحض» وحده، دون حاجة إلى

الملاحظة أو التجربة. يرفض معظم العلماء هذه الفلسفة تماماً، ويهللون للطريقة التجريبية كسبيل إلى المعرفة، بوصفها السبيل الوحيد الذي يمكن الاعتماد عليه. لكن مطالب العقلانية والمنطق ـ كما سنرى تفترض على الأقل وجود بعض القيود على نوع العالم الذي نستطيع معرفته. من ناحية ثانية، تحتوي البنية المنطقية ذاتها من الداخل على أوجه قصورها التي تبلغ حد التناقض، وهذا ما يؤكد أننا لن نستطيع أبداً أن نستوعب كل الوجود من خلال الاستنباط وحده.

لقد فتح التاريخ صوراً فيزيائية كثيرة للنظام العقلاني الكامن في العالم: العالم كمظهر لأشكال هندسية كاملة، كعضوية حية، كآلية مماثلة لآلة الساعة، وحديثاً مثل حاسوب عملاق. تلتقط جميع هذه الصور جانباً أساسياً من الواقع، علماً أن كلاً منها يشكو من نقص خاص به وحده. وسنتحرى بعضاً من أكثر التفكير حداثة حول هذه الصور، وطبيعة الرياضيات التي تصفها. وسيقودنا هذا إلى مواجهة أسئلة مثل: ما هي الرياضيات، ولماذا تعمل الرياضيات جيداً في وصف قوانين الطبيعة؟ ومن أين تأتي هذه القوانين؟ ففي حالات كثيرة، من السهل وصف الأفكار، وأحياناً تكون تقنية ومجردة، لذلك فالقارئ مدعو كي يشاركنا في هذه النزهة العلمية في المجهول، بحثاً عن الأساس النهائي للوجود. فعلى الرغم من أن المضي يصبح صعباً هنا وهناك، وتبقى الوجهة تكتنفها الأسرار، إلا أني آمل أن تثبت الرحلة نفسها أنها ممتعة.

العقل البشري والإدراك السليم

يقال ـ في أغلب الأحيان ـ أن العامل الذي يميز الكائنات البشرية عن الحيوانات الأخرى هو مقدرتنا على التعليل والمحاكمة. تبدو حيوانات كثيرة أخرى أنها واعية للعالم الفيزيائي بدرجة إما أكثر أو أقل، وأنها تستجيب له، لكن البشر يملكون أكثر من الوعي فحسب. إننا نملك أيضاً نوعاً من الفهم للعالم ولمكاننا فيه. إننا قادرون على أن نتنبأ بأحداث، أو أن نحتكر أساليب طبيعية وفقاً لغاياتنا. وعلى الرغم من أننا جزء من العالم الطبيعي، فإننا نميز أنفسنا عن بقية الكون الفيزيائي.

في الحضارات البدائية، كان فهم العالم محدوداً، ويقتصر على هموم الحياة اليومية مثل دورة الفصول، أو حركة سهم إلخ. كان الفهم براغماتياً كلياً، ولم يكن له أصل نظري، إلا في حالات سحرية. لكن في يومنا هذا، أي في عصر العلم، فقد اتسع فهمنا كثيراً لدرجة أن هناك حاجة لأن نقسم المعرفة إلى موضوعات محددة: الفلك، الفيزياء، الكيمياء، الجيولوجيا، وعلم النفس إلخ. هذا التقدم السريع قد حدث تقريباً كنتيجة «للطريقة العلمية»؛ التجربة، الملاحظة، الاستنتاج، الفرضية، والبرهان. أما التفاصيل فلا تكاد تعنينا هنا. الأمر الهام هنا هو أن العلم يطالب بمعايير طريقة صارمة، ومناقشة تضعان العقل فوق الاعتقاد اللاعقلاني.

إن مفهوم المحاكمة البشرية هو مفهوم غريب بحد ذاته. فعادة ما يتم إقناعنا بجدالات «معقولة»، ونشعر أننا نسعد أكثر بالجدالات التي تتوجه إلى الإدراك السليم. مع ذلك فالتفكير ـ عملياً ـ ليس معطىً من الله، بل له أصله في بنية الدماغ البشري، وفي المهمات التي نشأت كي يفعّل التفكير. وعمل الدماغ يعتمد على قوانين الفيزياء، وعلى طبيعة العالم الفيزيائي الذي نسكن فيه. فما نسميه إدراكاً سليماً هو نتاج نماذج تفكير ثاوٍ عميقاً في النفس البشرية. من المفترض أنها تناقش مزايا محددة في التعامل مع

ظروف الحياة اليومية، مثل تجنب الأجسام الساقطة، والاختباء من الحيوانات المفترسة. فبعض جوانب الفكر البشري سيكون محدداً عن طريق أسلاك أدمغتنا، وبعضه الآخر موروث مثل «برنامج حاسوب جيني» من أسلافنا من الماضي البعيد.

فالفيلسوف عمانوئيل كانط قال إن ليس جميع مجالاتنا الفكرية مستمدة من تجربة العالم الحسية. لقد اعتقد أن بعض المفاهيم هي معطى قبلي Priori، كان يعني بذلك أن هذه المفاهيم ليست حقائق ضرورية بالمعنى المنطقي الدقيق، مع ذلك سيكون كل التفكير محالاً بدونها: إنها ستكون ضرورة من «أجل التفكير». وضرب كانط مثالاً على ذلك هو الفهم الحدسي الثلاثي الأبعاد الذي يحكم هندسة إقليدس. لقد افترض أن هذه المعرفة تولد معنا. لكن لسوء الحظ، اكتشف العلماء والفلاسفة ـ عموماً ـ أن أكثر جوانب الفكر الإنساني أساسية ينبغي في النهاية أن تشير إلى ملاحظات العالم الفيزيائي. ومن المحتمل أن المفاهيم المنغرسة بعمق في نفسيتنا، الأشياء التي نجد أن من الصعب أن نتخيلها أن تكون غير على ما هي عليه ـ كالإدراك السليم، والعقلانية البشرية ـ هي تلك الأشياء المبرمجة وراثياً في مستوى عميق جداً في أدمغتنا.

من المهم أن نقدّر ما إذا نشأت كائنات غريبة تحت وطأة ظروف مختلفة جداً ستشاركنا مفهومنا عن الإدراك السليم، وإذا كانت تشاركنا فعلاً أياً من أنماط تفكيرنا. فكما تصور بعض كتاب الخيال العلمي، إذا كانت الحياة موجودة على سطح نجم neutron أفلن يستطيع المرء أن يبدأ بالتخمين كيف أن كائنات كهذه سوف تدرك، وتفكر بالعالم؟ من الممكن أن مفهوماً غريباً للعقلانية سوف يختلف عن مفاهيمنا كثيراً، لدرجة أن هذا الكائن لن يكون مقتنعاً أبداً بما نعدّه نحن نقاشاً عقلانياً. فهل هذا يعني أن المحاكمة البشرية هي شك؟ وهل نحن متعصبون جداً، أو ضيقو النظرة في الافتراض أن باستطاعتنا أن نطبق أنماط الفكر للإنسان العاقل على قضايا الوجود الكبيرة؟ لكن ذلك ليس بالضرورة. فعملياتنا العقلية قد نشأت بدقة، لأنها تعكس شيئاً ما من طبيعة العالم المادي الذي نسكنه. والأمر المفاجئ هو أن المحاكمة البشرية تكون ناجحة جداً في تأطير وفهم تلك الأجزاء من العالم، التي لا تستطيع مدركاتنا أن تصل إليها مباشرة. وقد لا نفاجئ، أن العقول البشرية تستطيع أن تستنتج قوانين سقوط الأجسام، لأن الدماغ قد تطور ليضع استراتيجيات من أجل تناولها. لكن هل يحق لنا أن نتوقع اتساع هذه المحاكمة عملياً عندما يصل الأمر إلى الفيزياء النووية، أو فيزياء

النجوم على سبيل المثال؟ الحقيقة هي أنها فعالة، وفعالة «بشكل غير معقول» في العمل على أسرار الكون العظيمة، وهذا ما سوف أتقصاه في هذا الكتاب.

لكن قضية أخرى تطرح نفسها الآن: فإذا كانت المحاكمة البشرية تعكس شيئاً من بنية العالم الفيزيائي، فهل يصح القول إن العالم هو أحد مظاهر العقل؟ فهنا، نستخدم كلمة «عقلاني» لنعني بها «في حالة اتساق مع العقل»، وبالتالي السؤال هو ما إذا كان العالم عقلانياً، وإلى أي حد؟ فالعلم مؤسس على الأمل بأن العالم عقلاني في جميع جوانبه الملحوظة. من الممكن أن يكون هناك بعض جوانب الواقع التي تقع خارج قدرة المحاكمة البشرية. لكن هذا لا يعني أن هذه الجوانب بالضرورة غير عقلانية بالمطلق. إن Denizens نيوترونات النجوم أو حواسب عملاقة قد تفهم أشياء لا نستطيع نحن أن نفهمها، بسبب طبيعة أدمغتنا. بالتالي ينبغي أن نكون مدركين للمسؤولية أنه قد تكون هناك تفسيرات لبعض الأشياء، لا يمكننا أن نستوعبها أبداً، وقد يكون هناك أشياء أخرى ليس لها تفسير على الإطلاق.

في هذا الكتاب سوف آخذ النظرة المتفاءلة أن المحاكمة البشرية ممكن الركون إليها، عموماً. فإحدى حقائق الحياة أن يتبنى الناس معتقدات، خاصة في مجال الدين، التي قد تُعدّ غير عقلانية. لكن ذلك لا يعني أنها خاطئة لأن الناس يعتنقونها بشكل غير عقلاني. فربما هناك سبيل إلى المعرفة (كما عبر الصوفية، أو الوحي) الذي يقارب التسامي على العقل البشري. كعالم، إنني أفضل أن أحاول أخذ المحاكمة البشرية إلى أقصى مدى تستطيع المضي إليه. وفي استكشاف حدود العقل والعقلانية سوف نقابل، بالتأكيد، السر وعدم اليقينية، ومن المحتمل أن نفشل عند مرحلة ما من المحاكمة، ويتوجب استبدالها إما بمعتقد لا عقلاني أو بنزعة لاأدرية صريحة.

فإن يكن العالم عقلانياً ـ أو على الأقل قسم كبير منه عقلياً ـ فما هو مصدر تلك العقلانية؟ لا يمكن أن تنشأ في أذهاننا فقط، لأن أذهاننا فقط تعكس ما هو موجود هناك مسبقاً. فهل يجب أن نبحث عن تفسير في مصمِّم عقلاني؟ أو هل تستطيع العقلانية أن «تخلق نفسها» من خلال القوة الساحقة «لمعقوليتها» الخاصة بها؟ بدلاً من ذلك، هل من الممكن أن «على مجال أوسع» يكون العالم غير منطقي. لكننا نجد أنفسنا نسكن في واحدة عقلانية ظاهرية، لأن ذلك هو المكان الوحيد الذي فيه الكائنات التي تقوم بالمحاكمة الواعية تستطيع أن تجد نفسها. لذلك دعنا نلقي نظرة أكثر دقة إلى أنماط المحاكمة المختلفة كي نستكشف المزيد من المسائل المتنوعة.

أفكار حول الفكر

هناك نوعان من المحاكمة يخدماننا جيداً، وإبقاء فارق واضح بينهما أمر هام. الأول يدعى الاستنتاج، وهو مبني على قواعد منطقية دقيقة. فوفقاً لمنطق نموذجي تقبل بعض الأقوال مثل «الكلب كلب» و«كل شيء إما هو كلب أو ليس كلباً» تقبل على أنها صحيحة، بينما تعد أقوال مثل «الكلب ليس كلباً» زائفة. فالجدال الاستنتاجي يبدأ بمجموعة افتراضات تدعى «مقدمات Premises». وهذه أقوال أو شروط تعتبر أنها القضية دون مزيد من التساؤل، من أجل هدف الجدال. بكل وضوح يجب أن تكون المقولات متسقة بشكل تبادلي.

ويعتقد أن نتيجة جدال استنتاجي منطقياً إذا كان لا يحتوي على أكثر مما هو موجود في المقدمات الأصلية، لدرجة أن جدالاً كهذا لا يمكن استخدامه أبداً في إثبات أي شيء جديد فعلاً. تأمل - على سبيل المثال - التسلسل الاستنتاجي المعروف «بالقياس»:

١ - جميع العازبين رجال.

٢ - اليكس عازب.

٣ - إذن أليكس رجل.

فالقول الثالث لا يقول أكثر مما هو موجود في القولين الأولين. وبالتالي، فإن التعليل الاستنتاجي هو فعلاً مجرد طريقة لمعالجة حقائق أو مفاهيم كي نقدمها في شكل أكثر أهمية أو فائدة.

وعندما يطبق المنطق الاستنتاجي على مجموعة مفاهيم معقدة، فإن النتائج قد تكون مفاجئة في أغلب الأحيان، أو غير متوقعة، حتى وإن تكن من عمل المقدمات

الأصلية. هناك مثال جيد يقدمه موضوع الهندسة المبنية على مجموعة فرضيات تسمى «بديهيات، أو مسلمات»، التي يقام عليها البنيان التفصيلي للنظرية الهندسية. ففي القرن الثالث قبل الميلاد وضع إقليدس خمس بديهيات شيدت عليها المدرسة الهندسية التقليدية، من ضمنها «من كل نقطتين هناك خط مستقيم واحد». بالإمكان استخدام المنطق الاستنتاجي كي نستمد جميع النظريات الهندسية التي نتعلمها في المدرسة، إحداها هي نظرية فيثاغورث التي ـ مع أن ليس فيها معلومات أكثر من بديهيات إقليدس المستمدة منها، إلا أنها بالتأكيد ليست واضحة بشكل حدسي.

بكل وضوح إن نقاشاً استنتاجياً جيداً هو مثل البديهيات التي بُني عليها. فعلى سبيل المثال، قرر بعض علماء الرياضيات في القرن التاسع عشر تتبع نتائج إسقاط بديهية إقليدس الخامسة «من نقطة خارج مستقيم لا يمكننا أن نرسم إلا خطاً موازياً لهذا المستقيم». لكن اتضح أن الهندسة غير الإقليدية ذات فائدة كبيرة للعلم. لقد استخدمها آينشتاين في نظريته النسبية العامة (نظرية الجاذبية)، وكما ذكرنا سابقاً نعرف الآن أن هندسة إقليدس خاطئة فعلاً في عالم الواقع. إذا ما تكلمنا بطريقة فجة، لأن المكان محدب بواسطة الجاذبية. مع ذلك ماتزال هندسة إقليدس تدرَّس في المدارس لأنها تبقى مقاربة جيدة جداً تحت معظم الظروف. الدرس المراد من هذه القصة هو أن ليس من الحكمة ألا نعتبر أية بديهيات أنها صحيحة واضحة بذاتها لدرجة أنها لا يمكن أن تكون غير ذلك.

يتفق الناس ـ عموماً ـ على أن الجدالات الاستنتاجية ـ المنطقية تكوِّن الشكل الأكثر أمناً من المحاكمة، وينبغي أن أشير إلى أن استخدام منطق نموذجي قد أخضعه البعض للمساءلة. فحسب المنطق الكمومي تقول القاعدة أن شيئاً ما لا يمكن أن يكون ولا يكون في الوقت ذاته إذا ما أُسقط شيء. الدافع وراء هذا هو أن في فيزياء الكوانتم فكرة «أن يكون» هي أكثر غموضاً في الحياة اليومية: فالأنظمة الفيزيائية تستطيع أن توجد في تطبيقات Superposition حالات بديلة.

هناك شكل آخر للمحاكمة نستخدمه جميعاً يسمى الاستقراء. يبدأ الاستقراء من مجموعة حقائق أو افتراضات معطاة، ومنها يتوصل إلى نتائج، لكنه يقوم بذلك من خلال عملية تعميم بدلاً من نقاش متسلسل. تنبؤ أن الشمس سوف تشرق غداً هو

مثال على المحاكمة الاستقرائية، مبني على «حقيقة أن الشمس قد أشرقت كل يوم حتى الآن من خلال خبرتنا». وعندما أترك جسماً ثقيلاً فإنني أتوقعه أن يسقط بناءاً على معرفتي السابقة لقوة شد الجاذبية. فالعلماء يستخدمون المحاكمة الاستقرائية عندما يؤطرون فرضيات مبنية على عدد محدد من ملاحظات أو تجارب. فقوانين الفيزياء ـ على سبيل المثال ـ هي من هذا النوع. فقانون المربع المقلوب للقوة الكهربائية قد تم اختباره في عدة طرق، وتم إثباته دائماً. إنا نسميه قانوناً ـ لأن على قاعدة الاستقراء ـ نعلل أن خاصة المربع المقلوب سوف تبقى ثابتة دائماً. لكن الحقيقة التي لم يلحظها أحد هي أن خرقاً لقانون المربع المقلوب يثبت أنه يجب أن يكون صحيحاً، مثلما نعد أن بديهيات الهندسة الإقليدية ونظرية فيثاغورث لابد أن تكون صحيحة. فبغض النظر عن عدد المرات الفردية التي تؤكد القانون، لا نستطيع أن نكون متأكدين تماماً من أنه يُطبق دون أية إخفاقات. فبناء على أساس الاستقراء، يمكننا أن نستنتج فقط أن من المحتمل جداً أن القانون سوف يتماسك في المرة التالية التي يختبر فيها.

لقد حذر الفيلسوف ديفيد هيوم من المحاكمة الاستقرائية. فإذا ما لوحظت الشمس تشرق دائماً على جدول، أو قد تم إثبات قانون المربع المقلوب دائماً، فهذا لا يشكل ضمانة على أن هذه الأشياء سوف تستمر في الحدوث في المستقبل. والاعتقاد أنها سوف تفعل مبني على الافتراض أن «مسار الطبيعة يستمر دائماً بشكل متسق على ما هو». لكن ما هو المبرر لهذا الافتراض؟ فقد تكون الحالة أن حالة أمور B «الفجر مثلاً» قد لوحظت بشكل ثابت أنها تتلو A (أي الغسق)، لكن ينبغي على المرء ألا يؤول أن هذا يتضمن أن B هي تسلسل ضروري لـ A. فمن أي معنى ينبغي على B أن تتلو A؟ بالتأكيد نستطيع أن نتصور عالماً تحدث فيه A، لكن B لا تحدث: لا توجد هناك علاقة ضرورية منطقية بين A وB. فهل من الممكن أن يكون هناك معنى آخر للضرورة، نوع من ضرورة طبيعية؟ ينكر هيوم وأتباعه وجود شيء كهذا.

يبدو أننا مجبرون أن نقر بأن النتائج التي يتم التوصل إليها استقرائياً ليست آمنة أبداً، من حيث الأسلوب المنطقي للنتائج الاستنتاجية، على الرغم من أن «الإدراك السليم» مبني على الاستقراء. فالمحاكمة الاستقرائية هي ـ في أغلب الأحيان ـ ناجحة، هي خاصية هامة من خصائص العالم الذي يصفه المرء «إمكانية الاعتماد على الطبيعة». سوف نمضي جميعاً عبر الحياة حاملين معتقدات حيال العالم (مثل حتمية شروق

الشمس، المستمدة استقرائياً، وتعدّ معقولة كلياً، مع ذلك لا نستقر على منطق استنتاجي حول الطريقة التي سيكون فيها العالم. فكما سنرى، لا يوجد سبب منطقي لماذا لا يكون العالم على غير ما هو عليه. فربما كان فوضوياً بطريقة جعلت التعميم الاستقرائي ضرباً من المحال.

لقد تأثرت الفلسفة الحديثة بمؤلفات كارل بوبر الذي يعلن أن عملياً قلما يستخدم العلماء المحاكمة الاستقرائية بالطريقة الموصوفة. فعندما يحدث اكتشاف جديد يميل العلماء إلى العمل خلفاً ليضعوا فرضية منسجمة مع ذلك الاكتشاف. ومن ثم يمضون إلى استنتاج نتائج أخرى لتلك الفرضيات التي تستطيع بدورها اختبارها تجريبياً. فإذا ما اتضح خطأ إحدى هذه الفرضيات، ينبغي تعديل أو التخلي عن النظرية، فالتأكيد هو على خطأ برهان وليس إثبات صحته. فالنظرية القوية هي العصية جداً على إمكانية إثبات خطئها، وأن بالإمكان اختبارها من خلال طرق مفصلة ومحددة. فإن تجتز النظرية تلك الاختبارات، سيعاد تعزيز ثقتنا بالنظرية. أما نظرية غامضة جداً، أو عامة جداً، أو تقوم بتوقعات تتعلق بالظروف فقط خارج مقدرتنا على الاختبار، هي نظرية ذات قيمة قليلة.

إذن سعي الفكر البشري لا يبدأ - عملياً - من خلال محاكمة استنتاجية أو استقرائية. أما المفتاح لتطورات علمية رئيسية فيكمن - في أغلب الأحيان - في قفزات تخيلية حرة المجال أو في إلهام ما. ففي هذه الحالات ينبثق تخمين أو حقيقة هامة جاهزاً داخل عقل الباحث، وفي مرحلة تالية فقط يوجد مسوغ في نقاش معلّل. لكن كيف يأتي الإلهام فهذا سر يثير أسئلة عديدة. فهل للأفكار نوع من وجود مستقل لدرجة أنها «تُكتشف» من وقت لآخر عن طريق عقل منفتح؟ أم هل الإلهام سلسلة تعليل عادية تحدث مخبأة في اللاشعور، وعندما تكتمل يتم تقديمها إلى الشعور؟ فإذا كان الأمر كذلك، فكيف تنشأ قدرة كهذه؟ وما هي المزايا البيولوجية التي تستطيع أشياء مثل الإلهام الرياضي والإلهام الفني أن تمنحها إلى البشر؟

عالم عقلاني

الزعم بأن الكون عقلاني مرتبط بحقيقة أنه مُنظّم. فالأحداث ـ عموماً ـ لا تحدث قسراً أو طوعاً، بل هي مرتبطة بطريقة ما. فالشمس تشرق لأن الأرض تدور بانتظام. وسقوط جسم ثقيل مرتبط بتحرير الجسم من ارتفاع، وهلم جرا. فهذا التشابك المتداخل للأحداث هو الذي يمدنا بفكرة عن السببية. فالنافذة كُسرت لأنها ضُربت بحجر، وشجرة السنديان تنمو لأن المخروط قد زُرع. وهكذا يصبح الترابط الثابت لأحداث مترابطة سببياً مألوفاً جداً لدرجة أنه يتم إغراؤنا لأن نعزو قوة سببية إلى أشياء مادية: فالحجر فعلاً يؤدي إلى كسر النافذة، لكن هل يعني هذا أن نعزو إلى أجسام مادية قدرات عقلية لا تستحقها؟ كل ما بوسعنا قوله هو أن هناك تلازماً بين الحجارة المصوبة إلى النوافذ والزجاج المهشم. فالأحداث التي تشكل سلاسل كهذه هي ليست مستقلة. فلو أن باستطاعتنا أن نضع سجلاً لجميع الأحداث في منطقة ما من الفضاء خلال مدة من الزمن، لكنا نلاحظ أن السجل سيكون متصالباً بنماذج، وهذه هي «الروابط السببية»، ووجود هذه النماذج هو أحد مظاهر النظام العقلاني للعالم، وبدونها لن يكون هناك سوى الفوضى.

ترتبط فكرة الحتمية بالسببية بشكل وثيق. وفي شكلها الحديث هي الافتراض أن الأحداث محددة كلياً من قبل أحداث أخرى قبلية. فالحتمية تنطوي على معنى أن حالة العالم في لحظة ما تكفي كي تحدد حالته في لحظة تالية. وأن تلك الحالة اللاحقة تحدد حالات تالية وهكذا دواليك. فتكون النتيجة أن كل ما يحدث في مستقبل الكون محدد كلياً وحتمياً من خلال حالته الراهنة. فعندما اقترح نيوتن قوانين في الميكانيك في القرن السابع عشر، كانت الحتمية موجودة داخل بنية هذه القوانين، فعلى سبيل المثال، خذ النظام الشمسي كنظام منعزل، فأماكن وسرعات الكواكب في لحظة ما تكفي كي

تحدد وحدها (عبر قوانين نيوتن) مواقعها وسرعاتها في جميع اللحظات التالية. زد على ذلك، لا تحتوي قوانين نيوتن على اتجاهية الزمن. وبذلك تعمل الحيلة بالعكس. فالحالة الراهنة تكفي لتحديد جميع الحالات الماضية. وبهذه الطريقة يمكننا أن نتنبأ بالكسوف والخسوف في المستقبل، ونستعيد حدوثها في الماضي كذلك.

فإذا كان العالم حتمياً تماماً، إذن جميع الأحداث مغلقة في إطار سبب ونتيجة. فالماضي والمستقبل محتويان في الحاضر، بمعنى أن المعلومة المطلوبة لتشييد حالات الماضي ومستقبل العالم موجودة داخل حالته الراهنة تماماً وبشكل متين، تماماً مثلما أن المعلومات عن نظرية فيثاغورث موجودة داخل بديهيات الهندسة الإقليدية. وبالتالي، يصبح الكون آلة عملاقة أو ساعة تتبع حتماً طريقاً للتغير موضوع مسبقاً منذ بداية الزمن. فقد عبّر إيليا بريجوجين Prigogone عن ذلك بأسلوب أكثر شاعرية: لقد تم تقليل الله إلى «مجرد موظف أرشيف يقلب صفحات كتاب تاريخ الكون الذي تم تدوينه من قبل»(١).

يقف مقابل الحتمية اللاحتمية، أو المصادفة. يمكننا القول إن حدثاً وقع من خلال «حظ محض» أو «عن طريق المصادفة» إذا لم يكن يحتم حدوثه أي شيء آخر، مثل رمي النرد، ورمي قطعة نقود معدنية، وهي أمثلة معروفة. لكن هل هاتان ـ الحالتان هما لا حتمية حقيقية، أم أن العوامل والقوى التي تقرر نتيجتهما خفية عنا، لدرجة أن سلوكها يبدو ـ وبكل بساطة ـ عشوائياً بالنسبة لنا؟

لو سُئل العلماء قبل قرن مضى عن هذا السؤال لكانوا أجابوا على السؤال الأخير: نعم، لقد افترضوا أن العالم كان قدرياً بكل دقة، وأن ظهور العشوائية أو أحداث الحظ كانت كلياً نتيجة جهل بتفاصيل النظام المعني. فلو أن بالإمكان معرفة حركة كل جزء ـ كما عللوا ـ لكان بالإمكان التنبؤ بنتيجة رمي قطعة النقود. لكن حقيقة أن من غير الممكن التنبؤ بها عملياً هي لأن معلوماتنا عن العالم محدودة جداً. فبالإمكان إرجاع السلوك العشوائي إلى أنظمة غاية في عدم الاستقرار، ولذلك تحت رحمة تذبذبات دقيقة في القوى التي تهاجمها من بيئتها.

لقد تم التخلي عن وجهة النظر هذه في أواخر عشرينات القرن العشرين مع اكتشاف ميكانيك الكوانتم الذي يتعامل مع ظواهر مجال ذري، وفيه لا حتمية مبنية

داخله في مستوى عميق أساسي. إحدى تعبيرات هذه اللاحتمية يعرف باسم مبدأ اللايقينية للعالم هايزينبيرغ Heisenberg. إن جميع الكميات القابلة للقياس خاضعة إلى تذبذبات لا يمكن التنبؤ بها، ومنه إلى عدم يقينية في قيمها. لتقدير هذه اللايقينية تجتمع الأشياء التي تلاحظ في ثنائيات: فمكان ودافع الحركة يشكلان ثنائياً، وكذلك الطاقة والزمن. ويقول المبدأ أن محاولات تقليل مستوى عدم اليقينية لأحد أعضاء الزوج يزيد من عدم يقينية الآخر. وهكذا فإن قياساً دقيقاً لمكان جزء ما كالإلكترون مثلاً ـ له تأثير على جعل طاقته الحركية غير يقينية جداً، والعكس بالعكس. إنك بحاجة لأن تعرف كلا المواقع والدوافع الحركية للأجزاء في نظام ما بكل دقة، إن ترد أن تتنبأ حالاته المستقبلية. مبدأ عدم اليقينية لها يزينبرغ مدين إلى الفكرة أن الحاضر يحدد المستقبل بكل دقة. وبطبيعة الحال يفترض هذا أن عدم يقينية الكوانتم هي فعلاً جوهرية في الطبيعة، وليست مجرد نتيجة مستوى خفي ما لفاعلية حتمية النزعة. ففي السنوات الأخيرة أجريت تجارب عديدة أساسية لاختبار هذه النقطة، وقد أكدت أن عدم اليقينية صميمية فعلاً في أنظمة الكوانتم. إن الكون هو فعلاً لا حتمي النزعة في أكثر مستوى أساسي له. فهل يعني هذا أن الكون غير عقلاني؟ كلا إنه لا يعني ذلك. فهناك فرق بين دور الحظ في ميكانيك الكوانتم وبين الفوضى غير المقيدة لكون دون قوانين. ومع أن هناك ـ عموماً ـ لا يقينية حول الحالات المستقبلية لنظام الكوانتم، إلا أن الاحتمالات النسبية للحالات الممكنة المختلفة ماتزال مقرَّرة. وهكذا، فإن المفاجئات الناجمة بالإمكان اعتبارها كذلك. فلنقل إن ذرة ستكون في حالة مثارة أو غير مثارة حتى لو أن النتيجة في مثال محدد غير معروفة. تتضمن حالة عدم وجود القانون الإحصائي أن ـ في مجال مايكروسكوبي ـ حيث لا يمكن ملاحظة نتائج الكوانتم عادة، تبدو الطبيعة أنها تلتزم بالقوانين الحتمية، وعمل عالم الفيزياء هو الكشف عن الأنماط في الطبيعة، ويحاول إدخالها في مخططات رياضية بسيطة. أما السؤال لماذا هناك نماذج، ولماذا أن مثل هذه المخططات الرياضية ممكنة، فهذا يقع خارج مجال الفيزياء، وينتمي إلى موضوع يعرف بما وراء الطبيعة ـ الميتافيزيقا ـ.

الميتافيزيقا (ماوراء الطبيعة)، من يحتاجها؟

في الفلسفة اليونانية كانت كلمة الميتافيزيقا تعني أصلاً «الذي يأتي بعد الفيزياء «الطبيعة»». وتشير إلى حقيقة أن الكتاب الذي ألفه أرسطو بعد كتاب الطبيعة كان بلا عنوان له. لكن سرعان ما أصبحت كلمة الميتافيزيقا تعني تلك الموضوعات التي تقع خلف الطبيعة (ونقول اليوم خارج العلم)، ومع ذلك قد يكون لها علاقة بطبيعة البحث العلمي. ولذلك فإن الميتافيزيقا تعني دراسة الموضوعات التي تدور حول الفيزياء (أو العلم عموماً)، كنقيض للموضوع العلمي ذاته. تشمل المشكلات الميتافيزيقية التقليدية أصل، وطبيعة، وغاية الكون، وكيف يرتبط عالم الظواهر الذي تدركه حواسنا «بواقعها الكامن، ونظامها، والعلاقة بين العقل والمادة، ووجود الإرادة الحرة. إن العلم ـ بكل وضوح معني بكل عمق في مثل هذه القضايا، لكن العلم ـ الإمبريقي ـ التجريبي وحده قد لا يكون قادراً أن يجيب عليها، أو على أية أسئلة تدور حول مغزى الحياة.

في القرن الثامن عشر، بدأ المشروع الميتافيزيقي برمته يتعثر بعد أن استدعاه للمساءلة والتمحيص النقدي كل من الفيلسوفين ديفيدهيوم وعمانوئيل كانط، لقد ألقى هذان الفيلسوفان شكاً ليس على أي نظام ميتافيزيقي محدد، بل على عدم وجود معنى للميتافيزيقا ذاتها. لقد قال هيوم إن بالإمكان ربط المعنى بتلك الأفكار فقط التي تنبثق مباشرة من ملاحظاتنا للعالم، أو من خطط استنتاجية مثل الرياضيات. فمفاهيم مثل «الواقع» و«العقل» و«المادة» التي كانت ترمي لأن تقبع بطريقة ما خلف كيانات مقدمة لأحاسيسنا، قد استبعدها هيوم بدعوى أنها لا يمكن ملاحظتها. كما رفض أيضاً أسئلة تتعلق بهدف أو معنى الكون، أو مكان الجنس البشري في الكون، لأنه كان يعتقد أن أياً من هذه المفاهيم لا يمكن ربطه بشكل مفهوم بأشياء نستطيع ملاحظتها، فهذا الموقف

الفلسفي يعرف باسم «الامبريقية»، لأنه يعالج حقائق التجربة على أنها الأساس لكل ما نستطيع معرفته.

أما كانط فقد تبنى المقولة الإمبريقية، بأن كل المعرفة تبدأ بتجاربنا في العالم. لكنه اعتقد أن الكائنات البشرية تمتلك معرفة فطرية محددة ضرورية لأي تفكير يحدث. وبالتالي هناك مكونان اثنان يسيران سوياً في عملية التفكير: حقائق حسية، ومعرفة مسبقة. لقد استخدم كانط نظريته لاستكشاف الحدود التي يستطيع البشر أن يأملوا معرفتها، من خلال طبيعة قدرات الملاحظة والمحاكمة لديهم. نقد الميتافيزيقا لأن محاكمتنا تستطيع أن تطبق على عالم التجربة فقط، وعلى عالم الظواهر التي نلاحظها فعلاً. إذ ليس لدينا سبب لنفترض أن بالإمكان تطبيقها على أي عالم افتراضي يقع خلف عالم الظواهر الحقيقية. بكلمات أخرى، نستطيع أن نطبق محاكمتنا على الأشياء كما نراها، لكن هذه لا تستطيع أن تخبرنا شيئاً عن الأشياء بحد ذاتها. إن أية محاولة للتنظير حول «واقع» يكمن خلف مواد تجربة الأشياء محكوم عليها بالفشل.

على الرغم من أن التنظير الميتافيزيقي قد خرج عن العادة بعد هذا الهجوم، إلا أن بعض الفلاسفة والعلماء رفضوا أن يتخلوا عن التفكير فيما يقع فعلاً خلف سطح الظواهر في العالم. وفي السنوات الأخيرة عدد من التطورات في الفيزياء الأساسية والكوسمولوجيا، ونظرية الحوسبة، بدأت تشكل اهتماماً أكثر انتشاراً في بعض موضوعات الميتافيزيقا التقليدية، لقد أعادت دراسة «الذكاء الاصطناعي» فتح النقاش حول الإرادة الحرة، ومشكلة الجسم ـ العقل. كما أشعل اكتشاف الانفجار الكبير التفكير حول الحاجة لآلية بغية جلب العالم الفيزيائي إلى الوجود في المقام الأول، كما أن ميكانيك الكوانتم قد كشف الطريقة الخفية التي يتداخل فيها كل من المراقب والشيء الملاحظ مع بعضهما، كما كشفت نظرية العماء أن العلاقة بين الديمومة والتغير كانت بعيدة عن أن تكون علاقة بسيطة.

فبالإضافة إلى هذه التطورات، بدأ علماء الفيزياء بالحديث عن نظريات كل شيء ـ أي فكرة أن بالإمكان توحيد جميع قوانين الفيزياء في مخطط رياضي وحيد. كما بدأ الاهتمام يتركز على طبيعة القانون الفيزيائي. لماذا اختارت الطبيعة مخططاً محدداً بدلاً من مخطط آخر؟ ولماذا المخطط رياضي بشكل مطلق؟ وهل كان هناك أي شيء خاص

حول المخطط الذي نلاحظه فعلاً؟ وهل سيكون المراقبون الأذكياء قادرون أن يوجدوا في كون كان يتسم ويتميز بمخطط ما آخر؟

لقد أصبحت كلمة ميتافيزيقا تعني «نظريات حول نظريات» للفيزياء. فالنقاش حول «أصناف قوانين» بدلاً من قوانين الكون الفعلية أصبح يلقى احتراماً. فأكوان افتراضية ذات خصائص مختلفة تماماً عن كوننا أخذت تحظى بالاهتمام، وذلك في محاولة لفهم ما إذا كان هناك أي شيء خاص حول كوننا. لقد اعتقد بعض المنظرين بوجود «قوانين حول قوانين» التي تعمل بأن «تنتقي» قوانين كوننا من مجموعة قوانين أوسع، بينما قلة كانوا مستعدين أن يعتبروا الوجود الحقيقي لأكوان أخرى لها قوانين أخرى.

كان علماء الفيزياء ـ بهذا المعنى ـ يمارسون الميتافيزيقا بشكل أو بآخر. إن جزءاً من عمل عالم الفيزياء الرياضي هو تقصي نماذج رياضية ممثلنة idealized فهذه النماذج تلعب دور «أكوان دمى toy» بالإمكان استكشافها في حينها، أحياناً من أجل إعادة الخلق، وعادة من أجل إلقاء ضوء على العالم الحقيقي وذلك من خلال إرساء موضوعات مشتركة محددة بين نماذج مختلفة. وهذه الأكوان الدمى غالباً ما تحمل أسماء منشئيها. وهكذا لدنيا نموذج Thirring تيرنغ، ونموذج Sugawara سوغاورا، وكون Taub - nut تاوب نُت، وكون Kruska كروسكا وهلم جرا. إنها تزكي نفسها إلى منظرين لأنها تسمح عادة بمعالجة رياضية دقيقة، بينما قد يكون نموذج أكثر واقعية صعب الانقياد. إن عملي الخاص قبل عشر سنوات خلت كان معظمه مكرساً إلى استكشاف نتائج الكوانتم في أكوان نماذج ذات بعد بدلاً من فضاء ذي أبعاد ثلاثة. كانت الفكرة أن بعض الملامح الأساسية لنموذج أحادي البعد سوف يبقى في معالجة ثلاثية الأبعاد أكثر واقعية. لم يقترح أحد أن الكون فعلاً هو أحادي البعد. فما كنت أفعله مع زملائي هو استكشاف أكوان افتراضية وذلك بغية كشف المعلومات حول خصائص أنماط محددة من القوانين الفيزيائية، خصائص قد تنتمي إلى القوانين الفعلية لكوننا.

الزمن والأبدية: مفارقة الوجود الأساسية

«الأبدية هي الزمن.
الزمن، الأبدية،
أن نرى الاثنين نقيضين
ذلك هو ضلال الإنسان».

من كتاب Angelus Silesus أنجيلوس سيليسيوس

«أنا أفكر، إذن أنا موجود» بهذه الكلمات الشهيرة عبر فيلسوف القرن السابع عشر رينيه ديكارت عما اعتبره أنه القول الأكثر بدائية بما يتعلق بالواقع، والذي يتفق حوله أي أشخاص مفكرين، فوجودنا هو تجربتنا الأساسية. فحتى هذا الزعم غير القابل للاستثناء يحتوي في داخله جوهر المفارقة التي تسير بعناد عبر تاريخ الفكر البشري: التفكير هو عملية، بينما الوجود حالة. فعندما أفكر فإن حالتي العقلية تتغير مع الزمن. لكن الأنا التي ترجع إليها الحالة العقلية تبقى هي نفسها. من المحتمل أن هذه هي المشكلة الميتافيزيقية الأكثر قدماً، وقد طفت إلى السطح ثانية مصحوبة بانتقام في النظرية العلمية الحديثة.

فعلى الرغم من أن ذواتنا تشكل خبرتنا الأساسية، فإننا ندرك ـ أيضاً ـ عالماً خارجياً، ونسقط على ذلك العالم ذات الروابط المتناقضة للسيرورة والوجود، لما هو آني ودائم. فمن ناحية، يستمر العالم في الوجود، ومن ناحية ثانية يتغير. إننا نتعرف على الاستمرارية ليس فقط في هوياتنا الشخصية، بل في استمرارية الأشياء والأنواع في بيئتنا. فهذه الأشياء لن تكون قادرة على البقاء إلى الأبد، لكن لها ما يشبه الديمومة التي

تمكننا من أن نسبغ عليها هوية مميزة. إن التغير المستمر أمر مفروض من فوق على هذا المسقط الخلفي للوجود. فالأشياء تحدث، والحاضر يتلاشى في الماضي، والمستقبل «يأتي إلى الوجود»: هذا ما نسميه بظاهرة الصيرورة. وما نسميه «وجوداً» هو هذه الرابطة المتناقضة بين الوجود والصيرورة.

وبما أن الناس خائفون من فنائهم ـ ربما لأسباب نفسية ـ فقد بحثوا دائماً عن الجوانب الأكثر ديمومة في الوجود. فالناس يأتون ويمضون، والأشجار تنمو وتموت، وحتى الجبال تتعرض لعوامل الحت، ونعلم كذلك أن الشمس لا تستطيع البقاء متوهجة إلى الأبد. فهل يوجد أي شيء يتسم بالديمومة ويمكن الركون إليه فعلاً؟ وهل باستطاعة المرء أن يجد وجوداً لا يتغير على الإطلاق وسط عالم مليء بالصيرورة؟ ففي وقت من الأوقات عُدَّت السماء لا تتغير، والشمس والنجوم دائمة من البداية إلى الأزل؟ لكننا نعرف الآن أن الأجرام الفلكية ـ مع أنها قد تكون مغرقة في القدم ـ لم تكن موجودة دائماً، ولن تكون موجودة دائماً. لقد اكتشف الفلكيون أن الكون بأكمله هو في حالة تطور تدريجي. فما هو ـ إذن ـ الشيء الثابت بشكل مطلق؟ يقاد المرء بشكل حتمي بعيداً عن المادي إلى مملكة الغامض الصوفي والمجرد. فمفاهيم مثل «منطق» و«عدد» و«روح» و«الله» تتكرر عبر التاريخ كأصلب أرض نبني عليها صورة للواقع الذي لديه أي أمل من الموثوقية. لكن ـ عندئذ ـ تطالعنا مفارقة الوجود القبيحة. إذ كيف يستطيع العالم المتغير أن يضرب جذوره في العالم غير المتغير، عالم المفاهيم المجردة؟

عند فجر الفلسفة المنهجية في بلاد اليونان القديمة، واجه أفلاطون هذا الانقسام المتناقض. فالواقع الحق ـ بالنسبة لأفلاطون ـ يكمن في عالم متسامٍ من مثل، أو أشكال مجردة كاملة لا تتغير، مجال علاقات رياضية وبنى هندسية محددة، هذه كانت مملكة الوجود والنفي، لا يمكن أن تدركها الحواس. بينما اعتبر العالم المتغير لتجاربنا المباشرة ـ أي عالم الصيرورة ـ عالماً هارباً سريع الزوال ومراوغاً. لقد تم تخفيض كون الأشياء المادية إلى ظل باهت، أو صورة مشوهة عن عالم المثل. وقد أوضح أفلاطون العلاقة بين العالمين من خلال تشبيه استخدمه. تخيل أنك حبيساً في كهف وظهرك إلى النور. فعندما تمر الأشياء بالقرب من مدخل الكهف فإنها تلقي بظلالها على جدار الكهف. وهذه الظلال ستكون إسقاطات غير تامة للأشكال الحقيقية. لقد شبه عالم ملاحظاتنا

للعالم بالعالم الظلي للصور داخل الكهف. فعالم المثل فقط الذي لا يتغير، كان «مُناراً من شمس المفهوم».

لقد اخترع أفلاطون إلهين يحكمان هذين العالمين. ففي قمة عالم المثل كان الخير، وجود أزلي لا يتغير، وخارج الزمان والمكان. وهناك ما يسمى الإله الصانع حبيساً داخل العالم نصف الحقيقي، متحولاً في عالم الأشياء المادية والقوى، ومهمته هي أن يقولب المادة الموجودة في حالة مستقرة، والمثل ستخدم الأشكال كنموذج من مرتكز Template أو مخطط. لكن بما أنه أقل من كامل فإن هذا العالم المتشكل يتحلل باستمرار، وبحاجة إلى الاهتمامات الإبداعية لـDemiurge (خالق الكون المادي عند أفلاطون، وخالق الشر، قوة مهيمنة وقوة خلاقة). وبذلك تنشأ حالة تدفق عالم انطباعاتنا الحسية. لقد ميّز أفلاطون توتراً عميقاً بين الوجود والصيرورة، وبين اللازمني والأشكال الأبدية، وبين عالم التجربة المتغير، لكنه لم يقم بمحاولة جادة للتوفيق بين الاثنين. كان راضياً أن يقلل الثاني إلى مكانة وهمية جزئياً، وأن يعتبر أن اللازمني والخالد ذا قيمة مطلقة.

لقد رفض أرسطو ـ تلميذ أفلاطون ـ مفهوم الأشكال اللازمنية، وأنشأ بدلاً عن ذلك صورة للعالم كعضوية حية، تتطور مثل جنين نحو غاية محددة. وبذلك فقد اندمج الكون بالهدف، وانْشَدَّ باتجاه هدفه بأسباب نهائية. وأعطيت الأشياء الحية أرواحاً لتوجهها في نشاطها الهادف. لكن أرسطو اعتبر هذه الأرواح ملازمة في العضويات ذاتها، وليست متعالية بالمعنى الأفلاطوني. هذه النظرة الإرواحية للكون وضعت تأكيداً على سيرورة تغير مطرد متجه إلى الهدف. وبالتالي من الممكن الافتراض أن أرسطو ـ نقيضاً لأفلاطون ـ أعطى الأولوية إلى السيرورة على الوجود. لكن عالمه بقي ارتباطاً متناقضاً بين الاثنين. فالغايات التي باتجاهها نشأت الأشياء لم تتغير، وكذلك لم تتغير الأرواح. زد على ذلك، مع أن كون أرسطو يقبل تطوراً مستمراً، إلا أنه ليس له بداية في الزمن. ويحتوي على الأجرام السماوية التي كانت غير مُوَلَّدة، ولا تفنى، وأبدية، تتحرك إلى الأبد في مدارات دائرية تامة محددة.

وفي الشرق الأوسط؛ نجد في هذه الأثناء النظرية العالمية اليهودية التي كانت مبنية على العهد الذي قدمه يهوى إلى إسرائيل، فهنا نجد أن التأكيد قد وضع على تجلي الله

في التاريخ، كما نجده في العهد القديم، وممثل بوضوح كبير في سفر التكوين الذي يقدم عرضاً لقصة خلق الله للكون في لحظة محددة في الماضي. مع ذلك كان ذلك الإله اليهودي يعرف عنه أنه كان متعالياً ولا يعتريه التغير. فهنا ـ من جديد ـ لم تبذل محاولة حقيقية لحسم التناقض الحتمي بين إله لا يتغير وبين أهدافه التي كانت تتغير استجابة لتطورات تاريخية.

لكن ظهور نظرة عالمية منهجية تعالج جدياً مفارقات الزمن كان يجب أن تنتظر حتى القرن الخامس الميلادي وما قام به القديس أوغسطين Hippo. لقد اعتبر أوغسطين أن الزمن كان جزءاً من الكون الفيزيائي ـ أي جزءاً من الخليقة ـ وبذلك وضع الخالق بثبات خارج مسار الزمن. وهذه الفكرة لإله لا زمن له لم تستقر بسهولة ضمن العقيدة المسيحية. إذ كان هناك صعوبة تحيط بدور المسيح: ما الذي قد يعنيه لإله زمني أن يصبح مجسداً ويموت على الصليب في فترة محددة في التاريخ؟ كيف يستطيع إله يتعذر تجاوزه أن يتصالح مع معاناة إلهية؟ استمر الجدال في القرن الثالث عشر عندما أصبحت مؤلفات أرسطو متوفرة في الجامعات الأوروبية الجديدة. وكان لهذه الوثائق تأثير رئيسي. أما الراهب الشاب توما الإكويني فانطلق ليدمج الدين المسيحي مع طرائق الفلسفة العقلانية اليونانية. لقد تصور إلهاً متعالياً ساكناً في مملكة أفلاطونية خارج الزمان والمكان. بعد ذلك نسب مجموعة صفات محددة جيداً إلى الله: الكمال، البساطة، الأزلية، كلية القدرة، العلم بكل شيء، وحاول أن يجادل منطقياً مدافعاً عن ضرورة هذه الصفات واتساقها على منوال النظريات الهندسية. فمع أن عمله كان له تأثير هائل، إلا أن الإكويني وأتباعه وجدوا صعوبة كبيرة في ربط هذا الوجود المجرد الذي لا يتغير بالكون الفيزيائي الذي يعتمد على الزمن، والله في الدين الشعبي. فهذه المشكلات ومشكلات أخرى أدت إلى إدانة أسقف باريس لعمل الإكويني، مع العلم أنه في فترة لاحقة قد تمت تبرئته وترسيمه قديساً.

في كتاب نيلسون بايك / Pike الله والأزلية/ يستنتج بعد دراسة مضنية: «إنه يشك بأن معتقد أزلية الله قد تم إدخاله في اللاهوت المسيحي لأن الفكر الأفلاطوني كان أسلوبياً في ذلك الوقت، ولأن المعتقد ظهر أنه يمتلك مزية معتبرة من منظور أناقة منهجية، فما أن تم إدخاله حتى اكتسب حياة خاصة به»(٢). ويتوصل الفيلسوف جون أو دونيل Donell إلى النتيجة ذاتها. ويعالج كتابه الثالوث والآنية Temporality النزاع

بين الأزلية الأفلاطونية والتاريخوية المسيحية اليهودية: «إنني أقترح أن المسيحية قد أصبحت على احتكاك أكبر مع الهلننة... لقد سعت كي تنجز توليفة ولولا ذلك لكانت مضطرة إلى الانهيار عند هذه النقطة بالتحديد... فالإنجيل الذي دمج بعض الافتراضات الهلنستية المحددة حول طبيعة الله، أدى إلى ورطات مستحكمة، التي على الكنيسة أن تخرج نفسها منها»(٣). وهذا ما سأعود إليه في الفصل السابع.

شهدت أوروبا العصور الوسطى إشراقة العلم، وطريقة جديدة كلياً في النظر إلى العالم. علماء من أمثال روجر بيكون، وغاليلو ـ لاحقاً ـ أكدا على أهمية اكتساب المعرفة عبر تجربة وملاحظة كميتين ودقيقتين. لقد قالا بانفصال الإنسان والطبيعة، والتجربة كنوع من حوار مع الطبيعة، وعبر الحوار بالإمكان كشف أسرارها. فالترتيب العقلاني للطبيعة مستمد من الله، وموجود في قوانين محددة. فهنا نجد أن صدى الإله الأزلي الذي لا يتغير عند أفلاطون والإكويني يدخل إلى العلم، في شكل قوانين أزلية. هذا المفهوم أنجز شكله الأكثر إقناعاً بالعمل الكبير الذي قام به إسحاق نيوتن في القرن السابع عشر. ففيزياء نيوتن تميز بوضوح بين حالات العالم الذي يتغير من لحظة إلى لحظة، والقوانين التي لا تتغير، لكن هنا ـ من جديد ـ تكمن صعوبة التوفيق بين الوجود والصيرورة التي تطفو إلى السطح ثانية. كيف لنا أن نقبل تدفق الزمن في عالم مؤسَّس على قوانين أزلية؟ فمنذ ذلك الحين ابتليت الفيزياء «بأحجية الزمن»، وماتزال موضوع نقاش وبحث مكثفين.

لا تعد محاولة تفسير العالم ـ إما علمياً أو لاهوتياً ـ ناجحة ما لم تقدم حلاً لمفارقتي الرابطة الآنية والأزلية، الوجود والصيرورة. وما من موضوع يتصدى لهذه العلاقة المفارقاتية بشكل مكشوف من نشأة الكون.



الفصل الثاني

هل يستطيع الكون أن يخلق نفسه؟

«يجب أن يقدم العلم آلية للكون كي يأتي إلى الوجود»

جون ويلر

إننا عادة ما نفكر بأسباب على أنها تسبق نتائجها، فهذا أمر طبيعي عندما نحاول تفسير الكون من خلال التوجه إلى فترات كونية أبكر. لكن حتى لو كان باستطاعتنا أن نفسر حالة الكون الراهنة من خلال حالته قبل نحو بليون سنة خلت، فهل سنكون ـ عندئذ ـ أنجزنا حقاً أي شيء سوى تحريك السر إلى الخلف بمليون سنة؟ لأننا ـ بالتأكيد ـ نريد تفسير الحالة قبل بليون سنة خلت من خلال حالة ماتزال أكثر قدماً. ألن تنتهي هذه السلسلة لسبب ونتيجة أبداً؟ إن الإحساس بأن «شيئاً ما لابد قد بدأ الأمر كله» منغرس بكل عمق في الثقافة الغربية. وهناك افتراض واسع الانتشار بأن هذا «الشيء» لا يمكن أن يوجد ضمن مجال البحث العلمي، ولابد من أن يكون ـ بمعنى ما ـ فوق طبيعي. فقد يكون العلماء أذكياء جداً في شرح هذا وذاك، وقد يكونون قادرين على تفسير كل شيء ضمن الكون الفيزيائي، لكنهم عند مرحلة ما في سلسلة التفسير سيصلون إلى ورطة، أي نقطة لا يستطيع العلم اختراقها. هذه النقطة هي خلق الكون ككل، المصدر النهائي للعالم الفيزيائي.

فما يسمى جدال كوسمولوجي قد استخدم ـ بشكل أو بآخر ـ كدليل على وجود الله. فطوال قرون اتخذ هذا الجدل شكلاً مشذباً، وخاض غماره لاهوتيون وفلاسفة، وخاضوه أحياناً بدقة كبيرة. فأحجية أصل الكون هي ـ من المحتمل ـ المنطقة التي يشعر

فيها العالم الملحد بعدم الارتياح. وفي رأيي، كانت نتيجة هذا الجدل الكوسمولوجي من الصعب إثبات خطئها حتى بضع سنوات خلت، أي عندما بذلت محاولة جادة لتفسير أصل الكون طمن إطار علم الفيزياء. من البداية، ينبغي علي أن أقول أن هذا التفسير بحد ذاته قد يكون خاطئاً تماماً. وعلى أية حال، لا أعتقد أن ذلك مهم. فما هو مهم فعلاً هو ما إذا كان خلق الكون من فعل خارق للطبيعة أمر ضروري لبدء انطلاقة الكون، أم لا. فإن تستطع نظرية علمية تلقى القبول أن تفسر أصل الكون الفيزيائي كله، عندئذ على الأقل، سنعرف أن تفسيراً علمياً ممكناً، سواء أكانت النظرية السارية صحيحة أم لا.

هل كان هناك حدث خلق؟

يفترض كل النقاش حول أصل الكون مسبقاً أن الكون كان له منشأ. وتبدي أغلبية الثقافات القديمة ميلاً إلى نظرة للزمن الذي لم يكن للعالم فيه بداية، أي يمر بحلقات متكررة إلى ما لانهاية. وتتبع منشأ هذه الأفكار أمر مهم. لقد عاشت القبائل البدائية دائماً بشكل متناغم تماماً مع الطبيعة، ومعتمدة في عيشها على إيقاع الفصول والفترات الطبيعية الأخرى، فأجيال كثيرة تمضي مع تغير طفيف في الظروف، ولذلك، فإن فكرة التغير غير الموجه، أو التقدم التاريخي لم تخطر للأجيال. فأسئلة حول بداية العالم أو مصيره كانت تقع خارج تصورهم للواقع. فبدلاً من ذلك، كانوا منشغلين بأساطير تتعلق بالأنماط الإيقاعية، والحاجة لاسترضاء الآلهة المرتبطة بكل حلقة بغية ضمان الخصوبة والاستقرار في حالة مستمرة.

إن نشوء الحضارات المبكرة العظيمة في الصين والشرق الأوسط قد أحدث فارقاً قليلاً في هذه النظرة. فستانلي جاكي Jaki ـ كان بندكياً هنغارياً حائزاً على درجتي الدكتوراه في الفيزياء، وأخرى في اللاهوت ـ قد قام بدراسة تفصيلية حول المعتقدات القديمة في الكسمولوجيا الخلقية، ويوضح أن نظام الحكم السلالي الصيني قد بيّن لامبالاة تامة تجاه التقدم التاريخي (فتواريخهم الزمنية كان يعاد بناؤها مع كل سلالة جديدة، وهذا يعني أن انسياب الزمن ـ بالنسبة لهم ـ لم يكن خطّياً، بل دورياً cyclic. فجميع الأحداث السياسية والثقافية كانت تمثل للصينيين نموذجاً دورياً، طبقة صغيرة من تفاعل قوتين أساسيتين في كون مستقرهما ين ويانغ، فالنجاح يحل محله نجاح مثلما قد ينتهي الازدهار بالموات»(١).

أما النظام الهندوكي فكان يتألف من دورات ضمن دورات، لفترة هائلة، فأربعة يوغات كانت تشكل ماهاياغا Mahayga مدتها ٤.٣٢ مليون سنة. وألف ماهايوغا

كانت تشكل كالبا Kalpa، وكل اثنتين من الكالبا كانت تشكل يوماً براهمياً. دورة حياة براهما كانت مائة سنة من براهما، أو ٣١١ تريليون سنة. ويشبه جاكي الدورات الهندوكية بمطحنة لا مفر منها، أي التأثير المنوم مغناطيسياً الذي يمكننا أن نعزوه لما يصفه بيأس وقنوط الثقافة الهندوكية. فهذا التناوب الدوري، والقدرية المرتبطة به قد تغلغلا في كوسمولوجيات البابلية والمصرية والمايا. يسرد جاكي قصة إتزا Itza ـ إحدى قبائل المايا الحسنة السلاح ـ التي أسلمت قيادها بكل طواعية إلى مجموعة من الجنود الإسبان في عام ١٦٩٨، بعد أن أخبروا ـ قبل ثمانين سنة ـ بعثتين تبشيريتين إسبانيتين، أن هذا التاريخ هو نقطة علام لحلول نهايتهم المحتومة.

أما الفلسفة اليونانية فكانت منشغلة أيضاً بمفهوم فترات أبدية ـ لكن على النقيض من اليأس عند المايا المساكين ـ اعتقد الإغريق أن ثقافتهم كانت تمثل قمة الحلقة، وذروة التقدم ذاته. وطبيعة الزمن الحلقية في النظام الإغريقي قد ورثه العرب الذين بقوا حراس الثقافة الإغريقية حتى نُقلت إلى المسيحية في العصور الوسطى. بالإمكان إرجاع معظم النظرة العالمية الراهنة للثقافات الأوروبية إلى الصدام الكبير الذي حدث بين الفلسفة اليهودية ـ أن الله خلق الكون في لحظة محددة في الماضي، وأن الأحداث المتتالية تشكل سلسلة أحادية الاتجاه كاشفة. وبذلك نجد أن إحساساً ـ بمعنى تقدم تاريخي: الهبوط، العهد، التجسيد، القيامة، والمجيء الثاني ـ نراه بجلاء في هذين الدينين، ويشكل نقيضاً واضحاً للمفهوم الإغريقي للرجعة الأبدية. ففي قلق آباء الكنيسة الأوائل من أجل التمسك بزمن خطي بدلاً من زمن حلقي، فقد نددوا بالنظرة العالمية الحلقية لدى الفلاسفة الإغريق الوثنيين، بالرغم من إعجابهم العام بالفكر الإغريقي ككل. ولهذا السبب نجد توما الإكويني معترفاً بسلطة جدالات أرسطو الفلسفية: بأن الكون لابد أنه كان موجوداً دائماً، لكن الإكويني كان يتجه إلى الاعتقاد بأصل كوني وفقاً لما جاء في الكتاب المقدس.

السمة الأساسية لمعتقد الخلق اليهودي المسيحي هي أن الخالق منفصل تماماً عن خليقته ومستقل عنها، أي وجود الله لا يضمن آلياً وجود الكون، كما في بعض المعتقدات الوثنية حيث يفيض العالم الفيزيائي من الخالق كاتساع آلي لوجوده. أي أن الكون أتى إلى الوجود في لحظة محددة من الزمن كفعل خلق خارق للطبيعة متعمد، من خلال وجود موجود سابقاً. هذا المفهوم للخلق قد يبدو مباشراً، إلا أنه سبب نزاعاً

عقائدياً حامياً طوال قرون، لأن النصوص القديمة غامضة نوعاً ما في هذه المسألة. فالوصف التوراتي في سفر التكوين ـ على سبيل المثال ـ قد أخذ كثيراً من أساطير الخلق الأقدم منه في الشرق الأوسط، ويعتمد مطولاً على الشعر وقليلاً على تفاصيل حقيقية. كما أنه لا يقدم دليلاً واضحاً ما إذا كان الله قد جلب النظام إلى عماء بدئي، أم أنه خلق مادة ونوراً في فراغ موجود قبلاً، أو ما إذا قام بشيء ما أكثر عمقاً حتى. هناك أسئلة مزعجة متوافرة: ماذا كان يفعل الله قبل أن يخلق الكون؟ لماذا خلقه في تلك اللحظة من الزمن بدلاً من لحظة ما أخرى؟ فلو كان راضياً أن يبقى إلى الأزل دون كون، فما الذي يجعله يعمل رأيه ويخلق كوناً؟ فالكتاب المقدس يترك مجالاً كبيراً للنقاش حول هذه القضايا. وبكل تأكيد حدث نقاش. وفي حقيقة الأمر، تم تطوير الكثير من العقيدة المسيحية المتعلقة بالخلق بعد فترة طويلة من تدوين سفر التكوين، وتأثر كثيراً بالفكر اليوناني والفكر اليهودي. وهناك قضيتان ـ بشكل خاص ـ لهما أهمية من المنظور العلمي: الأولى، هي علاقة الله بالزمن، والثانية، هي علاقة الله بالمادة.

تعلن جميع الأديان الغربية الرئيسية أن الله أزلي. لكن كلمة أزلي eternal لها معنيان مختلفان. فمن ناحية، تعني أن الله قد وجد في زمن غير محدد في الماضي، وسوف يستمر في الوجود لمدة لا نهائية في المستقبل، أو قد تعني أن الله خارج الزمن تماماً. وكما ذكرت في الفصل الأول، اختار القديس أوغسطين المعنى الثاني، عندما أكد أن الله قد خلق العالم «مع الزمن وليس في الزمن». أي من خلال اعتبار الزمن كجزء من الكون الفيزيائي، بدلاً من شيء تحدث فيه عملية خلق الكون، ووضع الله تماماً خارجه. وبذلك تجنب أوغسطين بكل أناقة مشكلة ماذا كان الله يفعل قبل عملية الخلق.

هذه الميزة كان لها ثمنها على أية حال. فكل واحد يستطيع أن يرى قوى الجدال بأن «شيئاً ما لابد قد بدأ عملية الخلق كلها». في القرن السابع عشر، النظرة إلى الكون كآلة عملاقة وضعت في حالة حركة من قبل الله، كانت نظرة مألوفة. وحتى في يومنا هذا، يحب أناس كثيرون أن يؤمنوا بدور الله على أنه المحرك الأول، أو العلة الأولى في سلسلة سببية كونية. لكن ماذا يعني لله الموجود خارج الزمن أن يسبب أي شيء؟ وبسبب هذه الصعوبة، يفضل المؤمنون برب خارج الزمن التأكيد على دوره في التمسك

وإحياء الخليقة في كل لحظة من وجودها. لم يقم فارقاً بين الخليقة والبقاء، فكلاهما في عيني الله خارج الزمن، أمر واحد، والفعل ذاته.

علاقة الله بالمادة كانت ـ كذلك ـ موضوع مشكلات معتقدية. فبعض أساطير الخلق ـ كالنسخة البابلية، ترسم صورة للكون مخلوقاً من عماء بدئي. فكلمة «كوزموس» حرفياً تعني «الاستقرار order»، والجمال، والجانب الثاني يبقى في الكلمة الحديثة تجميلي cosmetic. فوفقاً لهذه النظرة المادة سابقة على الخلق، وهي مرتبة من قبل فعل خلق خارق للطبيعة. وكذلك نرى صورة مماثلة في اليونان الكلاسيكية: صورة Demiurge الأفلاطونية كانت محدودة بأن عليها أن تعمل مادة موجودة مسبقاً. وهي ذات النظرة التي يتبناها بعض الغنوصيين المسيحيين، الذين اعتبروا المادة فساداً، ونتاج عمل الشيطان بدلاً من الله.

الاستخدام العام لكلمة «الله» في هذه النقاشات قد يكون مشوشاً، إذا ما أعطيت التنوع الواسع للخطط اللاهوتية التي تم اقتراحها عبر التاريخ. الاعتقاد بكائن إلهي يطلق حركة الكون، ثم يجلس مستريحاً ليراقب الأحداث وهي تتكشف، لا يقوم بدور مباشر في الأمور التالية، هذا ما يعرف بكلمة deism (أي الإيمان بوجود الله عقلاً). فهنا، تفهم طبيعة الله عن طريق صورة صانع الساعة الكامل، أي مهندس كوني يصمم وينشئ آلية تفصيلية وهائلة، ثم يجعلها تعمل. مقابل كلمة deism هناك كلمة theism (أي الإيمان بوجود الله)، أي الإيمان بإله هو خالق الكون، لكنه أيضاً يبقى معنياً مباشرة بتسيير شؤون العالم من يوم إلى يوم يليه، خاصة شؤون البشر الذين يقيم الله علاقة شخصية مستمرة معهم، ويلعب دور موجه لهم. ففي كلتا الحالتين بين deism وtheism تمت إقامة فارق حاد بين الله والعالم، بين الخالق والمخلوق. فالله يعد آخر كلياً، وخلف العالم الفيزيائي، على الرغم من أنه مايزال مسؤولاً عن ذلك الكون. بينما في المنظور الذي يعرف بمذهب وحدة الوجود Panetheism لا يقام فصل كهذا بين الله والعالم الفيزيائي. وبذلك يعرّف الله بالطبيعة ذاتها: كل شيء هو جزء من الله، والله موجود في كل شيء. وهناك أيضاً Panentheism الذي يشبه مذهب وحدة الوجود، من حيث أن الكون هو جزء من الله، لكن ليس كل شيء في الكون من الله، تشبيه واحد هو تشبيه الكون بجسم الله.

كما اقترح عدد من العلماء نوعاً من رب يتطور ضمن الكون، وفي النهاية يصبح مقتدراً جداً ليشبه Demiurge أفلاطون. يستطيع المرء أن يتخيل ـ على سبيل المثال ـ حياة ذكية، أو حتى ذكاء آلية تصبح ـ تدريجياً ـ متطورة أكثر وتنتشر في أرجاء الكون لتسيطر على أجزاء أكبر فأكبر، حتى أن احتكارها للمادة والطاقة مشذب جداً، لدرجة أن هذا الذكاء سيكون غير قابل للتمييز عن الطبيعة ذاتها.

مثل هذا الذكاء الشبيه ـ بالله قد يتطور عن أحفادنا نحن، أو حتى قد تطور مسبقاً عند جماعة أو جماعات موجودة وراء جو الأرض. فدمج ذكائين مختلفين أو أكثر خلال عملية الارتقاء هذه ممكنة التصور. فهذا النوع من المناهج قد اقترحه الفلكي فريد هويل Hoyle، وعالم الفيزياء فرانك تبلر Tipler، والكاتب اسحاق أسيموف Asimove. الله في هذه المناهج هو بكل وضوح أقل من الكون، وعلى الرغم من أنه مقتدر جداً، إلا أنه ليس كلي القدرة، ولا يمكن اعتباره أنه خالق للكون ككل، بل فقط لجزء من محتواه المنظم. (ما لم تتم إعادة ترتيب خاصة لسببية خلفية يتم إدخالها، حيث بها يعمل الذكاء الخارق عند نهاية الكون خلفاً في الزمن لخلق ذلك الكون، كجزء من لغة سببية متسقة ذاتياً. ونجد إشارات عن هذا في أفكار الفيزيائي جون ويلر، وفريد هويل الذي ناقش أيضاً خطة كهذه، لكن ليس في سياق حدث خلق يضم الكل).

الخلق من لا شيء

تفترض أساطير الخلق الوثنية وجود مادة المادة ووجود كائن إلهي، وهي ثنائية بشكل أساسي. فعن طريق المقارنة، استقرت الكنيسة المسيحية على معتقد الخلق من عدم، الذي فيه الله وحده ضروري، أي أنه خلق الكون كله من لاشيء. أصل جميع الأشياء المرئية وغير المرئية ـ من بينها المادة ـ يعزى إلى عمل خلق حر قام به الله. ففي هذا المعتقد عامل هام هو كلية قدرة الله: لا حدود لقدرته الخلاقة، مثلما كانت الحالة مع الإله الصانع الإغريقي. فالله ليس مقتصراً على العمل بمادة موجودة من قبل، بل إنه ليس محدوداً بقوانين فيزيائية موجودة من قبل أيضاً، لأن جزءاً من عمله الخلاق كان جلب تلك القوانين إلى الوجود ويرسي الاستقرار والانسجام في الكون. أما الاعتقاد الغنوصي بأن المادة هي فساد فأمر مرفوض، لأنه لا ينسجم مع تجسيد المسيح، من ناحية ثانية: المادة ليس إلهية، كما في المناهج القائلة بوحدة الوجود، حيث كل ما في الطبيعة مندمج مع حضور الله، فالكون الفيزيائي ـ مخلوق الله ـ يعتبر متميزاً ومنفصلاً عن خالقه.

أهمية الفارق بين الخالق والمخلوق في هذا النهج هي أن العالم المخلوق يعتمد اعتماداً مطلقاً في وجوده على الخالق. فإن يكن العالم الفيزيائي ذاته إلهياً، أو بطريقة ما، فاض مباشرة عن الخالق، إذن فإنه سوف يشترك في الوجود الضروري للخالق. لكن لأنه خلق من لا شيء، وبسبب الفعل الخلاق كان اختياراً حراً للخالق، فإن الكون ليس لزاماً عليه أن يوجد. ولهذا السبب يقول أوغسطين «لقد خلقت شيئاً، وذلك الشيء من لا شيء. أنت جعلت السماء والأرض، ليس خارج ذاتك، لأن عندئذ ستكونان مساويتان إلى مولدتان من قِبَلِكَ وحدك، ومن خلال هذه المساوي لك»(٢). الفارق الأكثر وضوحاً بين الخالق والمخلوق هو أن الخالق أزلي بينما العالم المخلوق له بداية.

ولذلك قال اللاهوتي المسيحي إرانيوس «لكن الأشياء المخلوقة هي مختلفة عنه لأنه هو الذي خلقها، والذي قد صُنع منه هو الذي صنعها، لأن هو ذاته غير مخلوق. دون بداية ولا نهاية، ولا ينقصه شيء، إنه مكتف بذاته، لأن هذا الشيء ذاته، الوجود، لكن الأشياء التي خلقها هو قد نالت بداية»(٣).

هناك اختلافات معتقدية ضمن فروع الكنيسة حتى في يومنا هذا، وهناك اختلافات أكبر بين الأديان العالمية الأخرى، بما يتعلق بمعنى الخلق. تتفاوت هذه الاختلافات من أفكار الأصوليين المسيحيين والإسلاميين القائمة على تفسير حرفي للنصوص القديمة، إلى المفكرين الراديكاليين الذين يفضلون نظرة خلق مجردة كلياً. لكن يتفق الجميع على أن ـ بمعنى أو بآخر ـ الكون الفيزيائي في خصوصيته غير تام. إنه لا يستطيع أن يفسر ذاته، ووجود يتطلب شيئاً خارج ذاته، وبالإمكان فهمه من اعتماده على شكل من تأثير إلهي فقط.

بداية الزمن

بالعودة إلى المكانة العلمية المتعلقة بموضوع أصل الكون، يستطيع المرء أن يسأل عن الدليل على أنه كان هناك فعلاً أصل للكون. بكل تأكيد، من الممكن أن نتصور كوناً مدته لا نهائية. وفيما يتعلق بمعظم الحقبة العلمية الحديثة، لم يعتقد العلماء ـ عموماً بكون أبدي، سيراً على ما قام به كوبرنيكوس، وغاليلو، ونيوتن. فعلى أية حال، كانت هناك بعض الجوانب المناقضة لهذا الاعتقاد. إذ كان نيوتن قلقاً حول نتائج قانونه الجاذبية، الذي يقول إن جميع أشكال المادة في الكون يجذب كل منها الآخر. لقد كان حائراً لماذا لا يسقط الكون كله سوياً ـ بكل بساطة ـ على شكل كتلة كبيرة واحدة. وكيف تستطيع النجوم أن تبقى معلقة في الفضاء إلى الأبد دون ارتكاز، ودون أن ينشد كل منها إلى الآخر بسبب قوى الجاذبية المتبادلة؟ لذلك قدم نيوتن حلاً بسيطاً. إذ كي ينهار الكون إلى مركز جاذبيته، كان ينبغي أن يكون هناك مركز جاذبية. فإن يكن الكون لا نهائياً في مدى مكاني لا نهائي، وبشكل وسطي مسكوناً بالنجوم بشكل متسق، إذن لن يكون هناك مركز تستطيع النجوم أن تسقط نحوه. فأي نجم سيكون مشدوداً من جميع الاتجاهات، ولن يكون هناك قوة ناجمة في اتجاه معطى.

هذا الحل ليس مرضياً فعلاً، لأنه ملتبس رياضياً: فالقوى المتنوعة المتنافسة هي جميعاً لا متناهية في كبر الجاذبية. ولذلك فإن السر: كيف يتجنب الكون الانهيار؟ مايزال قائماً حتى قرننا الحالي. وحتى آينشتاين كان حائراً حيال ذلك. ففي عام ١٩١٥ صيغت نظريته الخاصة بالجاذبية (النظرية النسبية العامة)، وسرعان ما استقرت وتم استخدامها في محاولة لتفسير استقرار الكون. فالثابت كان يتألف من شرط إضافي في معادلات مجال الجاذبية المقابلة لقوة الطرد ـ أي نوع من جاذبية معاكسة. فإذا كانت قوة هذه القوة الطاردة ـ معايرة بحيث تنسجم مع قوة شد الجاذبية لجميع الأجرام

الكونية كل منها على الآخر، بالتالي فإن قوى الجذب والطرد بالإمكان أن تكون متوازنة بحيث تولّد كوناً مستقراً. لكن ـ كما اتضح ـ أن عملية التوازن غير مستقرة، بحيث أن أقل اضطراب يحدث سيجعل واحداً أو آخر من القوى المتنافسة تفوز، إما في تمزق الكون في اندفاع هروب إلى الخارج، أو إرساله متحطماً إلى الداخل.

لم يكن سر الكون المنهار هو المشكلة الوحيدة مع الكون الأبدي، إذ كان هناك أيضاً شيء يدعى مفارقة أولبر Olber المتعلقة بظلمة السماء ليلاً. لقد كانت الصعوبة هنا تتمثل في إذا كان الكون لا نهائياً في اتساع فراغي، وفي العمر أيضاً، إذن فالنور الآتي من عدد لا متناه من النجوم سيكون متدفقاً على الأرض من السماوات. وتبين عملية حسابية بسيطة أن السماء لا يمكن أن تكون مظلمة في هذه الظروف. بالإمكان حل هذه المفارقة من خلال افتراض عمر محدد للكون، لأنه في تلك الحالة سنكون قادرين أن نرى تلك النجوم فقط التي استغرق ضوءها زمناً ليقطع المسافة عبر الفضاء إلى الأرض منذ البداية.

في أيامنا هذه، نعلم أن ما من نجم يستطيع البقاء ساطعاً إلى الأبد بأي شكل من الأشكال. لأن الوقود سينضب منه. وتستخدم هذه المعلومة في إيضاح مبدأ عام جداً: كون أبدي أمر لا ينسجم مع الوجود المستمر لعمليات فيزيائية غير قابلة للعكس. فإذا استطاعت نظم فيزيائية أن تخضع لتحول غير قابل للعكس في معدل محدد، فإنها ستكون قد أكملت تلك التحولات قبل زمن غير محدود معطى. وبالتالي، لما كان بإمكاننا أن نشاهد تحولات كهذه مثل توليد وإطلاق ضوء النجوم الآن. فالعالم الفيزيائي ـ في حقيقة الأمر ـ مليء بعمليات لا سبيل لعكسها، فمن بعض النواحي إنه بالأحرى مثل ساعة تسير ببطء، مثل ساعة لا تستطيع العمل إلى الأبد. كذلك هو الكون، لا يستطيع أن «يسير» إلى الأبد دون أن يعاد قرنه كالساعة rewound.

بدأت المشاكل تفرض نفسها على العلماء في منتصف القرن الثامن عشر. فعلماء الفيزياء ـ حتى تلك الفترة ـ تعاملوا مع القوانين التي هي متناظرة في الزمن، دون أن يظهروا انحيازاً إلى الماضي أو إلى المستقبل. لكن تحري عمليات التيرمودينامك غيرت ذلك إلى الأبد، ففي قلب التيرموديناميك يكمن القانون الثاني الذي يمنع الحرارة أن تتدفق تلقائياً من الأجسام الباردة إلى الأجسام الساخنة، بينما يسمح بتدفق الحرارة من

الساخنة إلى الباردة. فهذا القانون غير قابل للعكس. إنه ينقش على الكون سهم الزمن مشيراً إلى طريق تغير أحادي الاتجاه. لقد توصل العلماء بسرعة إلى الاستنتاج بأن الكون منخرط في انحياز من جهة واحدة نحو حالة من التوازن التيرموديناميكي. هذا الميل نحو استقرار درجات الحرارة فيه، حتى في الخارج، يجعل الكون يتخذ حالة مستقرة تعرف باسم «الموات الحراري». إنه يمثل حالة استقرار جزيئي قصوى، أو أنتروبي entropy مقدار القدرة أو الطاقة التي لا تكون متيسرة للعمل أثناء عملية طبيعية. فحقيقة أن الكون لم يمت بعد إلى هذا الحد ـ أي أنه مايزال في حالة أقل من الأنتروبي القصوى ـ تعني أن الكون لا يستطيع البقاء إلى الأبد.

في عام ١٩٢٠، اكتشف فلكيون أن الصورة التقليدية لكون سكوني كانت خاطئة في كل حالة، بعد أن وجدوا أن الكون يتمدد، والمجرات تندفع بعيداً عن بعضها. وهذا هو الأساس للنظرية المعروفة بالانفجار الكبير. فوفقاً لهذه النظرية، الكون برمته أتى إلى الوجود فجأة قبل نحو ١٥ بليون سنة مضت في انفجار هائل. والتمدد الحاصل اليوم بالإمكان اعتباره بمثابة أثر شاهد على ذلك الانفجار البدئي. وقد تم التهليل لنظرية الانفجار الكبير على أنها تأكيد للوصف التوراتي في سفر التكوين. ففي عام ١٩٥١ أشار البابا بيوس Pius الثاني عشر إليه في خطاب إلى أكاديمية العلوم الأسقفية وبطبيعة الحال، يحمل سيناريو الانفجار الكبير الشبه الأكثر سطحية مع سفر التكوين، لدرجة أن سفر التكوين يجب أن يُفسَّر بطريقة رمزية تماماً من أجل أي شبه بينهما. فكلاهما يقولان ببداية مفاجئة أكثر من القول ببداية تدريجية، أو لا بداية على الإطلاق.

إن نظرية الانفجار الكبير تتملص من مفارقات القول بكون أبدي، فبما أن الكون محدودد في العمر، فليس هناك مشاكل مع عمليات غير قابلة للعكس. بدأ الكون بكل وضوح ـ بمعنى أعيد قرنه wound up وفي الوقت الحالي مايزال منهمكاً في سيره. وسماء الليل مظلمة، لأننا لا نستطيع أن نرى سوى لمسافة محدودة في الفضاء (نحو ١٠ بليون سنة ضوئية)، لأن هذه هي المسافة القصوى التي يستطيع الضوء منها أن يعبر إلى الأرض منذ البداية. كما أنه ليس هناك مشكلات حول الكون منهاراً تحت ثقل وزنه. وبما أن المجرات تتطاير متباعدة، فإنها تتفادى السقوط على الأرض لمدة من الزمن.

مع ذلك، تحل نظرية الانفجار مجموعة من المشاكل فقط لتواجهها مجموعة

أخرى، ليس أقلها ما الذي سبب الانفجار الكبير في المقام الأول؟ فهنا نقابل غوراً هاماً حول طبيعة الانفجار الكبير. فبعض الروايات المعروفة يعطي الانطباع أنه كان انفجار كتلة مركزية لمادة متوضعة في مكان محدد ما في فراغ قبلي الوجود. إلا أن هذا العرض مضلل كثيراً. فنظرية الانفجار الكبير قائمة على نظرية آينشتاين النسبية العامة. إحدى السمات الأساسية للنسبية العامة هي أن شؤون المادة لا يمكن فصلها عن شؤون الزمان والمكان. إنها رابطة لها معاني عميقة بالنسبة لأصل الكون. فإذا ما تخيل المرء «تسيير الفيلم الكوني إلى الخلف»، عندئذ، تقترب المجرات من بعضها أكثر فأكثر حتى يتم التوصل إلى حالة ذات تركيز هائل، قد يتعجب المرء من درجة الانضغاط بينما نمر عائدين إلى لحظة الانفجار.

من السهل رؤية أنه لا يمكن أن يكون هناك حد بسيط، فافتراض أنه كان هناك حالة انضغاط أعظمي، يعني وجود نوع ما من قوة خارجية لتتغلب على الجاذبية الهائلة، ولولا ذلك لكانت تتفوق الجاذبية، وبالتالي ستكون المادة مضغوطة أكثر. الأكثر من ذلك، هذه القوة الخارجية يجب أن تكون هائلة جداً، لأن القوة الداخلية للجاذبية ترتفع دون حد بينما يرتفع الضغط. لذلك ما الذي قد تكونه هذه القوة الخالقة للاستقرار، نوع من ضغط أو قساوة مادة، ربما، من يدري ما القوى التي قد تطلقها الطبيعة تحت ظروف شديدة كهذه؟ على الرغم من أننا لا نعرف تفاصيل القوى، إلا أن اعتبارات عامة محددة لابد أنها كانت تطبق. فعلى سبيل المثال كلما ازدادت قساوة المادة، فإن سرعة الصوت في المادة الكونية تصبح أسرع. فإذا ما أصبحت قساوة المادة الكونية هائلة فإن سرعة الصوت ستفوق سرعة الضوء. لكن هذا مناقض تماماً للنظرية النسبية التي تقول إن ما من تأثير فيزيائي ينتقل أسرع من الضوء. وبالتالي لا يمكن أن تكون المادة قاسية بشكل لا متناه. ففي مرحلة أثناء الانضغاط ستكون قوة الجاذبية أكبر من قوة القساوة، وهذا يعني أن القساوة ستكون غير قادرة على احتواء الميل نحو الانضغاط بفعل الجاذبية.

النتيجة التي تم التوصل إليها فيما يتعلق بهذا الصراع بين القوى البدئية هي: تحت شروط انضغاط شديد جداً ـ كالذي حدث أثناء الانفجار الكبير، لا توجد قوة في الكون تستطيع هزيمة القوة الساحقة للجاذبية. فالانسحاق ليس له حد. فإذا كانت المادة منتشرة في الكون بشكل غير متسق، إذن لابد أنها كانت مضغوطة بشكل لامتناهٍ في

اللحظة الأولى. في كلمات أخرى، لكان الكون برمته انعصر ليصبح نقطة واحدة. عند هذه النقطة قوة الانجذاب وكثافة المادة كانتا لا نهائيتين. ففكرة انضغاط لامتناه تعرف لدى العلماء الفيزيائيين الرياضيين باسم الفردانية Singularity.

على الرغم من أن المرء يقاد بناء على أسباب أولية ليتوقع فردانية عند نشأة الكون، فهذه مسألة تطلبت بحثاً رياضياً على درجة عالية من الدقة كي تثبت النتيجة بقوة. هذا البحث كان ـ بشكل أساسي ـ عمل عالمي الفيزياء الرياضي البريطاني روجر بينروس، وستيفن هاوكينغ. لقد أثبتا في سلسلة نظريات قوية أن فردانية الانفجار الكبير هي أمر حتمي طالما أن الجاذبية قوة جاذبة تحت شروط شديدة في كون بدئي، الجانب الأهم في نتائجهما هو أن الفردانية ليست مستبعدة حتى لو وزعت المادة الكونية بشكل غير متساوٍ. إنها سمة عامة لكون وصفته نظرية الجاذبية التي صاغها آينشتاين، أو ـ بالنسبة لتلك المادة ـ أية نظرية مماثلة.

حدثت مقاومة كبيرة لفكرة فردانية الانفجار الكبير في أوساط علماء الفيزياء والكوسمولوجيا عند بداية طرحها. ويعود أحد أسباب هذه المقاومة هو أن المادة والزمان والمكان مترابطة في النظرية النسبية العامة. ويحمل هذا الارتباط معاني هامة بالنسبة لطبيعة الكون المتمدد.

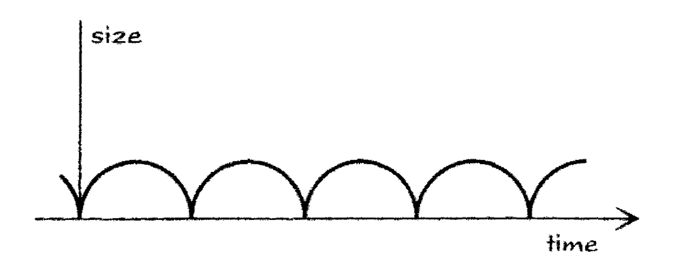
قد يفترض المرء ـ بشكل ساذج أن المجرات تندفع متباعدة في الفضاء، لكن صورة أكثر دقة هي أن نتصور الفضاء ذاته كتورم أو امتداد. أي أن المجرات تتحرك متباعدة لأن المسافة بينها تتمدد والقراء الذين يشعرون بعدم الارتياح لفكرة أن الفضاء يستطيع أن يتسع، أحيلهم إلى كتابي /حد اللانهاية/ من أجل المزيد من النقاش لهذا الموضوع. فعلى العكس تماماً، كان الفضاء في الماضي منكمشاً، وإذا ما فكرنا بلحظة الانضغاط اللامتناهي، فإن الفضاء كان منكمشاً بشكل لامتناه. لكن إذا كان الفضاء منكمشاً بشكل لا متناهٍ، فإنه يجب أن يختفي فعلاً مثل بالون يتلاشى إلى لاشيء. والرابطة الشديدة الأهمية بين المكان والزمان تتضمن أن الزمن يجب أن يختفي أيضاً، إذ لا يمكن أن يكون هناك زمن دون مكان. وبذلك فإن الفردانية المادية هي أيضاً فردانية مكانية ـ زمنية. وبما أن جميع قوانيننا الفيزيائية تصاغ في كلمات المكان والزمان، فهذه القوانين لا يمكن تطبيقها خارج النقطة التي يتوقف عندها وجود المكان والزمن. من هنا فإن قوانين الفيزياء يجب أن تتحطم عند الفردانية، الصورة أننا عندئذ نحصل على نشأة

الكون فهي صورة هامة. ففي لحظة محددة ما في الماضي، وبما أن المكان والزمان والمادة محاطة بفردانية المكان ـ الزمان، بالتالي فإن الوجود القادم للكون يُمثّل ليس فقط بالظهور المفاجئ للمادة بل بالمكان والزمان أيضاً.

ليس بالإمكان التأكيد على أهمية هذه النتيجة أكثر من ذلك. ففي أغلب الأحيان يسأل الناس عن: أين حدث الانفجار الكبير؟ فالانفجار لم يحدث عند نقطة في المكان على الإطلاق. والمكان بحد ذاته أتى إلى الوجود مع الانفجار الكبير. وهناك صعوبة مماثلة في السؤال: «ماذا حدث قبل الانفجار الكبير؟ والإجابة هي أنه لم يكن هناك «قبل». فالزمن بحد ذاته بدأ عند الانفجار الكبير. فكما رأينا أعلن القديس أوغسطين أن العالم خُلق مع الزمن وليس في الزمن، وهذا هو بكل دقة الموقف العلمي الحديث. لم يكن جميع العلماء على استعداد للمضي بعيداً مع هذا، على أية حال، بينما قبلوا اتساع الكون، وحاول بعض الكوسمولوجيين وضع نظريات تجنبت مع ذلك مصدراً واحداً للمكان والزمان.

عالم حَلَقي أُعيدت زيارته

على الرغم من التراث الغربي القوي حول كون مخلوق وزمن خطي، فإن إغراء العودة الأبدية كامن دائماً تحت السطح. وكانت هناك محاولات لإعادة كوسمولوجيا حلقية، حتى أثناء فترة الانفجار الكبير الحديث. فعندما صاغ آينشتاين نظريته النسبية العامة، كان العلماء مايزالون يعتقدون بكون سكوني، مما حفز آينشتاين على وضع معادلاته الرياضية لخلق توازن في الفضاء قائم على الجاذبية. في هذه الفترة عالم بأحوال الطقس روسي مغمور يدعى ألكسندر فريدمان بدأ بدراسة معادلات آينشتاين وما تعنيه بالنسبة للكوسمولوجيا. فاكتشف عدة براهين هامة، تصف كوناً إما يتمدد أو يتقلص. وتنطبق مجموعة واحدة من الحلول على كون يبدأ بانفجار كبير، يتمدد بمعدل صغير جداً، ومن ثم يبدأ بالتقلص ثانية. فالطور المتقلص يعكس الطور المتمدد، بحيث إن التقلص يصبح أسرع فأسرع حتى يتلاشى الكون في قضمة كبيرة، تكور كارثي مثل الانفجار الكبير لكنه معكوساً. هذا التكرار للتمدد والتقلص بإمكانه الاستمرار في دورة أخرى ثم أخرى وهلم جرا إلى ما لانهاية.



الشكل (١) كون متذبذب - يوضح الرسم البياني كيف أن حجم الكون يتبدل مع الزمن بينما يتمدد ويتقلص بشكل حَلَقي.

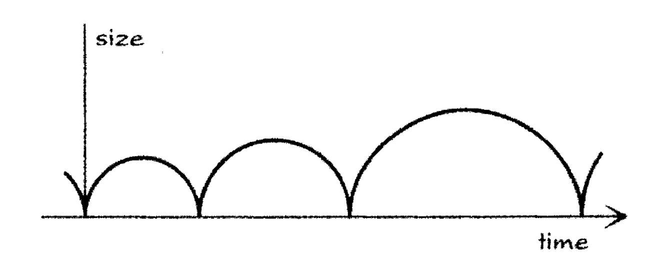
وفي عام ١٩٢٢ أرسل فريدمان التفاصيل المتعلقة بالنموذج الذي أوجده لكون دوري إلى آينشتاين، لكن آينشتاين لم يكن متحمساً له. لكن بعد بضع سنوات تالية أي مع الاكتشاف الذي قام به أدوين هافل وفلكيون آخرون بأن الكون يتمدد فعلاً، نال اكتشاف فريد مان الاعتراف اللائق به.

براهين فريدمان لا تجبر الكون أن ينوس مع طوري التمدد والتقلص، بل تقدم كوناً يبدأ عند انفجار كبير، ويتابع تمدده إلى الأبد. فأي من هذه البدائل يسود، فكما يتضح أن ذلك يعتمد على كمية المادة الموجودة في الكون. بشكل أساسي، إذا كان هناك مادة كافية فإن جاذبيتها في النهاية توقف التشتت الكوني، وتولد انهياراً جديداً. وبذلك فإن خوف نيوتن من انهيار كوني سوف يتحقق فعلاً بعد انقضاء بلايين السنين. وتوضح الحسابات أن النجوم تكوّن فقط واحد بالمائة من الكثافة المطلوبة لانهيار الكون. على أية حال، هناك دليل قوي على كمية كبيرة من مادة مظلمة أو غير مرئية، قد تكون كافية كي تعوض النقص. لا أحد متأكد من ماهية «هذه المادة المفقودة».

فإن يكن هناك مادة كافية لتسبب إعادة التقلص، فعلينا أن نفكر بإمكانية أن الكون قد يكون ينبض كما هو موضح في الشكل رقم (١). هناك كتب كثيرة في الكوسمولوجيا تصور نموذج النبض، وتستنتج اتساقه مع الكوسمولوجيا ذات الطبيعة الحلقية. فهل من الممكن أن لها «حل النوسان الذي قدمه فريدمان هو المقابل العلمي للفكرة القديمة للعودة الأبدية؟ وأن مدة عدة بلايين السنين من الانفجار الكبير حتى القضمة الكبيرة تمثل السنة العظيمة لدورة حياة براهما؟» قد تبدو أوجه التشابه مقبولة، إلا أنها تخفق في البقاء متماسكة أمام البحث العلمي. فقبل كل شيء النموذج ليس دوريا دقيقا بالمعنى الرياضي. فنقاط التحول الكبير من انسحاق إلى انفجار كبيرين هي نقاط فردانية بالفعل، وهذا يعني أن المعادلات المعنية تتحطم هناك، فلكي يرتد الكون من تقلص إلى تمدد دون مقابلة فرديات، فإن من الضروري لشيء ما أن يعاكس شد الجاذبية، ويدفع المادة إلى الخارج ثانية. من حيث الجوهر، الارتداد أمر ممكن فقط إذا كانت حركة الكون معرضة لقوة طاردة (أي السباحة في الفضاء)، مثل القوة الثابتة التي اقترحها آينشتاين، لكنها أكبر في المقدار بسبب عامل هائل.

حتى لو كان بالإمكان تدبر الآلية للقيام بهذا، فإن حلقية النموذج تعني فقط

حركة الكون الكلية، وتتجاهل العمليات الفيزيائية داخله. فالقانون الثاني للترموديناميك مايزال يطالب أن تولد هذه العمليات أنتروبي Entropy، وأن تستمر الأنتروبي الإجمالية للكون بالارتفاع من حلقة إلى الحلقة التي تليها. النتيجة بالأحرى هي تأثير غريب اكتشفه ريتشارد تولمن Tolman، في ثلاثينات القرن الماضي. لقد وجد تولمن أنه بينما ترتفع أنتروبي الكون، تصبح الحلقات أكبر فأكبر، والحلقة الأخيرة أطول فأطول.



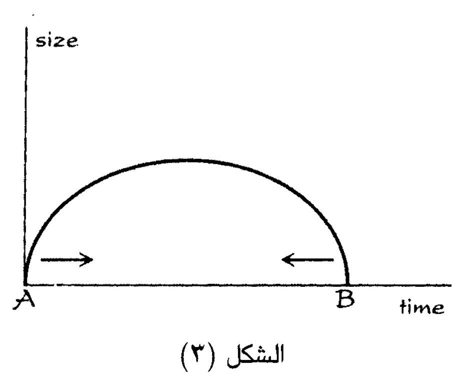
شكل رقم (٢)

في نموذج أكثر واقعية لكون متذبذب، الحلقات تصبح أكبر مع الزمن.

وبالتالي تكون النتيجة النهائية هي أن الكون ليس حلقياً بدقة على الإطلاق. والشيء الغريب هو أن بالرغم من الارتفاع المستمر في الأنتروبي، لا يصل الكون أبداً إلى توازن تيرموديناميكي، ليس هناك حالة أنتروبي قصوى، إنها تستمر بالارتفاع إلى الأبد، مولدة المزيد من الأنتروبي طيلة الوقت.

في ستينيات القرن العشرين اعتقد توماس غولد Gold، أنه وجد نموذجا حلقيا للكون، كان غولد يعرف أن كوناً أبديا أمر لايمكن الدفاع عنه، لأنه سوف يصل إلى توازن تيرموديناميكي في وقت محدد، ولقد صدمته حقيقة أن تمدد الكون كان يعمل ضد التوازن التيرموديناميكي عن طريق تبريد مستمر للمادة الكونية (هذا هو المبدأ المعروف بأن المادة تبرد عندما تتمدد). فبدا الأمر لغولد أن الارتفاع في الأنتروبي الكوني بالإمكان أن يعزى إلى حقيقة أن الكون يتمدد. لكن هذه النتيجة حملت معها الإشارة إلى تنبؤ هام: إذا كان الكون يتقلص، فإن كل شيء يسير إلى الخلف، والأنتروبي سوف تتناقص ثانية، والقانون الثاني في التيرموديناميك سوف يتم عكسه. أي أن الزمن سوف

ينساب خلفاً. ويستنتج غولد أن هذا الإنعكاس سوف يطبق على جميع الأنظمة، حتى على الدماغ والذاكرة البشريين، بحيث أن السهم النفسي للزمن سوف يتم عكس اتجاهه أيضاً: أي سوف نتذكر المستقبل بدلاً من تذكر الماضي. أي أن كائنات واعية تعيش فيما نعتبره الطور المتمدد من الكون.



الشكل (٣)

كون عاكس للزمن. خلال طور التمدد يسير الزمن إلى الأمام، وخلال الطور المتقلص يسير الزمن إلى الخلف. كنتيجة لذلك، من الممكن أن نحدد اللحظات الأولى والأخيرة A وB وبذلك تغلق الزمن إلى Loop.

وعن طريق تعريفها، ستكون تعريفاتنا الطور المتقلص. إذاً، وكنتيجة للإنعكاس، كان الكون متسقاً حقاً في الزمن، وبالتالي الحالة النهائية للكون عند الانسحاق الكبير ستكون مطابقة لحالته عند الانفجار الكبير. بالإمكان تعريف هذين الحدثين، والزمن مغلق في Loop. في تلك الحالة سيكون الكون حلقياً فعلاً.

الكون المتناغم زمنياً، أمر تقصاه جون ويلر الذي افترض أن الالتفاف قد لا يحدث فجأة، لكن تدريجياً مثل عودة المد والجزر. فبدلاً من أن ينعكس سهم الزمن فجأة إلى فترة تمتد أعظمي، ربما يتعثر ببطء، ومن ثم يتلاشى تماماً قبل تذوييه دائرياً ليشير إلى الاتجاه الآخر. لقد خمن ويلر ـ كنتيجة ـ أن بعض العمليات غير قابلة للعكس كما يبدو، كتحلل نواة مشعة تبدي دلائل على تباطؤ قبل الإنعكاس. وقال أن مقارنة معدلات التحلل الإشعاعي الآن بتلك القيم في الماضي البعيد يدل على تباطؤ كهذا.

انطلاق شعاع الكترومغناطيسي هو ظاهرة أخرى توضح اتجاه سهم الزمن بكل وضوح. وإشارة لاسلكية، على سبل المثال، يتم استقبالها دائما بعد إرسالها، وليس قبل ذلك. هذا لأنه عندما تولد المرسلات اللاسلكية موجات لاسلكية، تتدفق الموجات من الهوائي إلى الخارج في أعماق الكون. إننا لا نلاحظ أبداً نماذج منتظمة للموجات اللاسلكية آتية من أطراف الكون، متواردة على هوائيات اللاسلكي. (والكلمة الفنية للتدفق الخارجي للموجات هي كلمةRetarded) بينما الكلمة التي تطلق على الموجات المتدفقة هي كلمة Advanced. فإذا كان سهم الزمن سينعكس في الطور المتقلص للكون، فإن اتجاه حركة الموجة اللاسلكية عليه أن ينعكس أيضاً، وسوف تستبدل موجات Retarded بموجات Advanced عودة المد في سياق عرض ويلر يعني أن قرب الانفجار الكبير فإن جميع موجات اللاسلكي سوف تتدفق وفي فترة التمدد الأعظمي تتدفق كميات متزايدة من موجات منعكسة، عند الحد الأعظمي سيكون هناك موجات متدفقة ومنعكسة متساوية. بينما تسيطر موجات متدفقة أثناء طور التقلص. فإذا كانت هذه الفكرة صحيحة فإنها تعني أن هناك مزيجاً قليلاً جداً من موجات متدفقة في فترتنا الكونية الراهنة. وبالنتيجة، هذه ستكون موجات لاسلكية «من المستقبل».

مع أن هذه الفكرة قد تعد خيالية، إلا أنها وضعت تحت الاختبار في تجربة قام بها الفلكي بروس بارتريدج Partridge في سبعينات القرن العشرين. مبدأ التجربة هو أن إذا أطلقت موجات لاسلكية من هوائي، والموجات موجهة نحو شاشة حيث يتم امتصاصها، فإن الموجات ستكون موجات منعكسة مائة بالمئة. وإذا ما سمح لها أن تتدفق بعيداً في الفضاء، فإن جزءاً منها سوف يستمردون أن يتأثر حتى يكون المد قد عاد». المجموعة اللاحقة من الموجات وليس السابقة قد تمتلك عندئذ عنصر تدفق صغير.

إذا كانت تلك هي الحالة، فإن موجات تدفق ستعيد إلى الهوائي جزءاً صغيراً من الطاقة التي استخرجتها الموجات المنعكسة. وستكون النتيجة إحداث فارق قليل في مصرف الطاقة من الهوائي، عندما يوجه إلى الشاشة كمعاكس للفضاء. فعلى الرغم من الحساسية العالية لآلات القياس، لم يجد بارتريدج دليلاً على موجات متدفقة.

على الرغم من أن التناغم الزمني للكون قد يكون مضللاً، إلا أن من الصعب جداً أن يلقى الجدال لصالحه الاستحسان، فمن جانب إحصائي، الأغلبية الكاسحة لحالات

بدئية ممكنة للكون لن تحدث انعكاساً. ولذلك فإذا كانت حالة الكون تختار لتنتمي إلى مجموعة خاصة وغريبة جداً، عندئذ سوف «يعود المد». بالإمكان مقارنة الحالة بقنبلة منفجرة داخل وعاء فولاذي. من الممكن تخيل شظايا القنبلة مرتدة في توافق عن جدران الحاوية، وعائدة سوياً لتعيد تشكيل القنبلة ثانية. ذلك النوع من السلوك المؤامراتي ليس محالاً تماماً، لكنه يتطلب مجموعة من الظروف محاكة بطريقة شديدة التعقيد.

مع ذلك إن فكرة الكون المتناغم زمنياً قد برهنت أنها تفرض نفسها بما فيه الكفاية لدرجة أن ستيفن هاوكينغ قد غازلها حديثاً كجزء من برنامج كوسمولوجيا الكوانتم الذي تبناه، وهذا ما سأشرحه لاحقاً. هاوكينغ الذي قام بتقصٍ تفصيلي أكثر، قد اعترف أن اقتراحه قد أُخطئ تصوره.

خلق مستمر

يروي لنا توماس غولد القصة التالية: ذات مساء في أواخر أربعينيات القرن العشرين، كان يسير برفقة هيرمن بوندي عائدين من السينما بعد أن شاهدا فيلماً يدعى /موت الليل/. يدور الفيلم حول أحلام داخل أحلام مشكلة سلسلة لا نهاية لها. في الطريق إلى البيت خطر لهما ـ فجأة ـ أن موضوع الفيلم قد يكون رمزياً عن الكون. لم يكن هناك بداية، ولا انفجار كبير حتى. وربما يمتلك الكون ـ بدلاً من ذلك ـ وسيلة تزويد نفسه باستمرار، بحيث يستمر إلى الأبد. وفي الشهور التالية ألبس بوندي وغولد فكرتهما لحماً. الفكرة المركزية لنظرية بوندي ـ غولد هي أنه لم يكن هناك انفجار كبير كأصل للكون الذي فيه خلقت كل المادة. بدلاً من ذلك، بينما يتمدد الكون، يتم خلق جزيئات جديدة من المادة باستمرار لتملأ الفجوات بحيث أن متوسط كثافة المادة في الكون يبقى ثابتاً. فأية مجرة سوف تمر عبر دور حياة من التطور لتبلغ الذروة في موتها عندما تحترق النجوم في النهاية، لكن مجرات جديدة تكون قادرة أن تتشكل من المادة المخلوقة حديثاً. ففي أي وقت معطى سيكون هناك خليط من المجرات من عصور متنوعة، لكن المجرات القديمة جداً ستكون متباعدة قليلاً، لأن الكون سيكون قد تمدد كثيراً منذ ولادته. تصور بوندي وغولد أن معدل تمدد الكون ثابتاً، ومعدل خلق المادة أن يكون فقط بحيث يحافظ على كثافة متوسطة كافية. هذه الحالة تشبه حالة نهر يبدو أنه الشيء ذاته، فمع أن الماء يجري باستمرار فيه، إلا أن النهر ليس ساكناً، لكنه في حالة ثابتة. لذلك، أصبحت النظرية تعرف باسم «نظرية الحالة الثابتة للكون».

الكون ذو الحالة الثابتة ليس له بداية أو نهاية، ويبدو الشيء ذاته ـ وسطي في جميع الحقب الكونية على الرغم من تمدده. هذا النموذج للكون يتجنب الموت الحراري، لأن حقن مادة جديدة يمده أيضاً بأنتروبي سالبة: لنعد إلى تشبيه الساعة، إنها

باستمرار تعيد قرن الساعة. لم يقدم بوندي وغولد آلية تفصيلية لشرح كيف تُخلق المادة. لكن زميلهما فريد هويل Hoyle كان يعمل على هذه المشكلة ذاتها. تحرى هويل إمكانية «مجال خلق» سيكون له تأثير إنتاج ذرات جديدة من المادة. وبما أن المادة هي شكل من الطاقة، فإن بالإمكان اعتبار آلية هويل بمثابة انتهاك لقانون مصونية الطاقة، لكن هذا لا حاجة لأن يكون كذلك. مجال الخلق ذاته يحمل طاقة سلبية للمادة المخلوقة كي تعوض تماماً عن طريق الطاقة السلبية المتزايدة لمجال الخلق. من دراسة رياضية لهذا التأثير المتبادل، اكتشف هويل أن النموذج الكوسمولوجي لمجال خلقه كان يميل آلياً باتجاه ـ وبعدئذ بقي في ـ ظرف الحالة الثابتة التي تتطلبها نظرية بوندي وغولد.

لقد قدم عمل هويل الدعم النظري الضروري لضمان أن تؤخذ نظرية الحالة الثابتة جدياً. فعدت طوال عقد أو أكثر من الزمن أنها المنافس الندي لنظرية الانفجار الكبير. لقد شعر علماء عديدون ـ من بينهم واضعو نظرية الحالة الثابتة ـ أنهم عن طريق إلغاء الانفجار الكبير فقد أزالوا وإلى الأبد الحاجة إلى أي نوع من تفسير خارق لطبيعة الكون. ففي كون ليس له بداية، ليس هناك حاجة لحدث خلق أو خالق، وكون ذي مجال خلق فيزيائي لجعله «يتسع ذاتياً»، لا يتطلب أي تدخل إلهي لإبقاء الكون سائراً.

بالفعل، النتيجة هي non sequitur، نتيجة غير لازمة من مقدماتها. حقيقة أن الكون قد لا يكون له أصل في الزمن لا تشرح وجوده، أو لماذا يتخذ الكون الشكل الذي هو عليه. بالتأكيد إنها لا تفسر لماذا تمتلك الطبيعة المجالات المرتبطة (مثال مجال الخلق)، والمبادئ الفيزيائية التي تؤسس شرط الحالة الثابتة. من عجائب القدر أن رحب بعض اللاهوتيين بنظرية الحالة الثابتة على أنها عمل modus operandi من أجل النشاط الخلاق لله. وبعد ذلك، فإن كوناً يعيش إلى الأبد، متجنباً الموت الحراري، لاقى قبولاً لاهوتياً كبيراً. وفي نحو نهاية القرن العشرين، أسس عالم الرياضيات والفيلسوف ألفريد نورث وايتهيد ما يسمى طريقة مدرسة اللاهوت. يرفض اللاهوتيون المفهوم المسيحي التقليدي للخلق من لا شيء، لصالح كون ليس له بداية نقلة نوعية. يظهر نشاط الله الخلاق ذاته بدلاً من سيرورة مستمرة، تقدم خلاق في فاعلية الطبيعة. سأعود إلى موضوع كوسمولوجيا خلاقة في الفصل السابع.

حظيت نظرية الحالة الثابتة بالقبول ليس على أسس فلسفية بل لأنها كانت مبرهنة

بملاحظات. قامت النظرية بتنبؤ محدد بأن الكون يجب أن يبدو كما هو بمعدل وسطي في جميع الحقب، وظهور تلسكوبات راديوية عملاقة مكّن من اختبار هذا التنبؤ. فعندما يراقب الفلكيون أجراماً بعيدة جداً، فإنها لا تبدو كما هي عليه اليوم، بل كما كانت في الماضي البعيد، أي عندما تركها الضوء أو الموجات الراديوية قبل تلك الرحلة الطويلة إلى الأرض. في أيامنا هذه يستطيع الفلكيون أن يدرسوا الأجرام التي تبعد عدة بلايين من السنين الضوئية، بحيث نراها كما كانت قبل بلايين السنين. وبذلك، إن دراسة الفضاء معرفة تستطيع أن تقدم «لقطات» للكون في فترات متتالية من أجل المقارنة في وسط ستينات القرن العشرين. لقد أصبح واضحاً أن قبل عدة ملايين من السنين كان الكون يبدو مختلفاً جداً عما يبدو عليه الآن، وبخاصة مقابل أعداد نماذج متنوعة من المجرات.

المسمار الأخير في نعش نظرية الحالة الثابتة أتى في عام ١٩٦٥ مع اكتشاف أن الكون يستحم بالإشعاع الحراري عند درجة حرارة تبلغ نحو ثلاث درجات فوق الصفر المطلق. يُعتَقَدُ أن هذا الإشعاع هو بقية مباشرة من الانفجار الكبير، نوع من وهج خافت للحرارة البدئية التي رافقت ولادة الكون. من الصعب أن نفهم كيف استطاع حمام إشعاعي أن ينشأ دون المادة الكونية بعد أن كان منضغطاً جداً، وحاراً جداً. حالة كهذه لا تحدث في نظرية الحالة الثابتة. لكن حقيقة أن الكون ليس في حالة ثابتة لا تعني أن الخلق المستمر للمادة محال، لكن الحافز لمجال الخلق عند هويل قد لُغِّم كثيراً بعد أن قال إن الكون متطور. جميع الكوسمولوجيا الآن ـ تقريباً ـ تقبل أننا نعيش في كون كان له بداية محددة في انفجار كبير، ويتطور باتجاه نهاية غير يقينية.

إن يقبل المرء فكرة أن المكان والزمان والمادة كان لهما أصل في فردانية singularity تمثل إحاطة مطلقة بالكون الفيزيائي في الماضي، فإن عدداً من الألغاز سينجم عن ذلك. مايزال هناك مشكلة ما الذي سبب الانفجار الكبير. على أي حال، يجب رؤية هذا السؤال في ضوء جديد الآن، لأنه ليس ممكناً أن نعزو الانفجار الكبير إلى أي شيء حدث قبله، كما هي الحال ـ عادة ـ في مناقشات السببية. فهل هذا يعني أن الانفجار الكبير حدث دون سبب؟ فإذا كانت قوانين الفيزياء تتحطم عند الفردانية، لا يمكن أن يكون هناك تفسير من خلال تلك القوانين. وإذا ما أصر المرء على سبب الانفجار الكبير، عند ذلك لابد أن يقع هذا السبب خارج مجال الفيزياء.

هل سبب الله الانفجار الكبير؟

أناس كثيرون لديهم صورة لله كنوع من مهندس صانع ألعاب نارية Pyrotechnic مشعلاً ورقة الفتيل الزرقاء ليشعل فتيل الانفجار الكبير، وبعد ذلك يجلس مستنداً ليشاهد العرض. لكن لسوء الحظ، هذه الصورة البسيطة ـ بينما هي ملزمة للبعض ـ لا تحمل سوى معنى ضئيل. فكما رأينا، لا يمكن لخلق خارق للطبيعة أن يكون عملاً سببياً في الزمن، لأن المجيء في وجود الزمن هو جزء مما نحاول تفسيره. إذا ما تم استحضار الله كتفسير لكون فيزيائي، إذن هذا التفسير لا يمكن أن يكون من خلال علاقة سبب بنتيجة معروفة.

مشكلة الزمن المتكررة هذه تناولها عالم الفيزياء البريطاني راسل ستانرد، الذي يرسم الشبه بين الله ومؤلف كتاب. فكتاب مكتمل يوجد بأكمله، مع أننا ـ نحن البشر ـ نقرؤه في تسلسل زمني من بدايته حتى نهايته. «تماماً كما أن مؤلفاً لا يكتب الفصل الأول، ومن ثم يدع الآخرين أن يكتبوه بأنفسهم. وكذلك يجب ألا تبدو قدرة الله على الخلق أنها تقتصر على حدث الانفجار الكبير، أو حتى مستثمرة في هذا الحدث بشكل خاص. بل بالأحرى، يجب رؤية قدرته على الخلق تتخلل كل المكان وكل الزمان: دوره كخالق وممد بالحياة يظهر»(٤).

بمعزل عن مشكلات الزمن، هناك عدة هنّات إضافية موجودة في استحضار الله كتفسير للانفجار الكبير. ولإيضاح ذلك سوف أروي حديثاً خيالياً بين مؤمن يقول إن الله خلق الكون، وبين ملحد ليست به حاجة إلى هذه الفرضية:

الملحد: *فيما مضى، استخدمت الآلهة كتفسير لجميع أنواع الظواهر الفيزيائية، كالريح، والمطر، وحركة الكواكب. لكن بعد أن تقدم العلم، فقد وُجدت القوى الخارقة*

للطبيعة أنها زوائد لا ضرورة لها لتفسير الأحداث الطبيعية. لماذا تصر على استحضار الله لتفسر الانفجار الكبير؟

المؤمن: إن علمك لا يستطيع تفسير كل شيء، فالعالم مليء بالأسرار، فعلماء الأحياء الأكثر تفاؤلاً ـ على سبيل المثال ـ يعترفون بأنهم حائرين حيال أصل الحياة.

الملحد: إنني أوافق على أن العلم لم يفسر كل شيء، لكن ذلك لا يعني أنه لا يستطيع ذلك. فالمؤمنون كانوا دائماً ميالين إلى الاعتماد على أية عملية لم يستطع العالم في حينه أن يفسرها، ويزعم أن الحاجة تستدعي أن يفسرها الله. لكن بعد أن تقدم العلم، تم إخراج الله من الموضوع عنوة. لذلك عليك أن تتعلم الدرس أن «إله الثغرات» هذا هو فرضية لا يمكن الركون إليها. وبينما يمضي الزمن تقل الفجوات التي يسكنها. فأنا شخصياً، لا أرى مشكلة في علم يفسر جميع الظواهر الطبيعية، من ضمنها أصل الحياة. إنني أعترف أن أصل الكون هو بمثابة جوزة قاسية للكسر. لكن إننا وصلنا الآن ـ كما يبدو ـ إلى المرحلة التي لم يبق لدينا فيها سوى الفجوة الوحيدة: الانفجار الكبير، فمن غير المقنع أبداً أن نستحضر مفهوم كائن خارج الطبيعة الذي يتم التعويض به عن كل شيء آخر في هذه الفجوة الأخيرة.

المؤمن: إنك حتى إن ترفض فكرة أن الله يستطيع أن يتصرف مباشرة في العالم الفيزيائي بعد أن تم خلقه، إلا أن الأصل النهائي لذلك العالم هو في مجال مختلف تماماً عن مشكلة تفسير الظواهر الطبيعية، بعد أن أصبح ذلك العالم موجوداً.

الملحد: لكن ما لم يكن لديك أسباب أخرى للإيمان بوجود الله، عندئذ، التصريح فقط «أن الله خلق الكون» هو تصريح عَرَضي. إنه ليس تفسيراً على الإطلاق. وهذا القول هو فعلاً خالٍ تماماً من المعنى، لأنك فقط تُعرِّف الله ليكون تلك القوة التي تخلق الكون. إن فهمي يتطور أكثر من خلال هذه الوسيلة. سر واحد (أصل الكون) يُفَسَّر فقط من خلال سر آخر (الله). إنني كعالم أتوجه إلى مقص أوكام Occam razor التي تفرض رفض فرضية الله على أنها تعقيد غير ضروري. وفي نهاية المطاف أجد نفسي مضطراً لأن أسأل ما الذي خلق الله؟

المؤمن: الله لا يحتاج إلى خالق. إنه وجود ضروري، ويجب أن يوجد، لأنه ليس هناك خيار آخر.

الملحد: لكن قد يؤكد المرء أيضاً أن الكون لا يحتاج إلى خالق. فأي منطق

يستخدم لتبرير الوجود الضروري لله بوسعه أن يفعل ذلك جيداً ـ وبمكسب مفيد في بساطته ـ بالإمكان أن يطبق ذلك المنطق على الكون.

المؤمن: بكل تأكيد، يتبع العلماء ـ غالباً ـ نفس المحاكمة التي لديّ. لماذا يسقط جسم؟ لأن الجاذبية تفعل فعلها عليه. ولماذا تفعل الجاذبية ذلك؟ لأن هناك مجال للجاذبية. ولماذا هناك مجال؟ لأن المكان ـ الزمن محدب. وهكذا. إن تستبدل عرضاً بآخر، عرضاً أكثر عمقاً، والهدف الوحيد منه هو تفسير الشيء الذي بدأت به، خاصة سقوط الأجسام. فلماذا إذن تعترض عندما أستحضر الله كتفسير أكثر إقناعاً وأكثر عمقاً في تفسير الكون.

الملحد: آه! لكن ذلك أمر مختلف: إن نظرية علمية يجب أن تتصدى إلى ما هو أكثر من الحقائق التي نحاول تفسيرها. فالنظريات الحديثة تقدم صورة تبسيطية للطبيعة من خلال إقامة علاقات بين الظواهر غير المترابطة. فنظرية الجاذبية لنيوتن ـ على سبيل المثال ـ أوضحت العلاقة بين المد والجزر وبين حركة القمر. بالإضافة إلى ذلك، تقترح النظريات الجيدة القيام باختبارات مراقبة، مثل تنبؤ وجود ظواهر جديدة. وتقدم أيضاً عروضاً إجرائية تصف بدقة كيف تحدث العمليات الفيزيائية الهامة لمفاهيم النظرية. ففي حالة الجاذبية هذه، تتم عبر مجموعة معادلات تقيم علاقة بين قوة مجال الجاذبية مع طبيعة المصادر الجاذبة. فهذه النظرية تعطيك آلية دقيقة للكيفية التي تعمل بها الأشياء. بالمقارنة، الله الذي يتم استحضاره لتفسير الانفجار الكبير يخفق في القواعد الثلاث وبعيداً عن تبسيط نظرتنا إلى العالم، خالق يدخل سمة مُعقّدة إضافية، هو ذاته دون تفسير. ثانياً: لا توجد طريقة تمكننا من اختبار الفرضية تجريبياً. إذ هناك فقط مكان واحد يتبدى فيه إله كهذا، خاصة، الانفجار الكبير الذي انتهى وخلصنا منه. أخيراً القول الجسور «أن الله خلق الكون» يفشل في تقديم أي تفسير حقيقي، ما لم يترافق بآلية تفصيلية. يريد المرء أن يعرف ـ على سبيل المثال ـ ما الخصائص التي ننسبها إلى هذا الله، وبدقة كيف يتنقل خالقاً الكون، ولماذا يتخذ الكون شكله الذي يتخذه الخ. باختصار، إذا لم تستطع أن تقدم دليلاً ـ بوسيلة أو بأخرى ـ على أن وجود هذا الله، ما لم تقدم عرضاً تفصيلياً لكيفية خلق الكون، فإن ملحداً مثلي سوف يُعَدُّ أكثر عمقاً وبساطة وأكثر إقناعاً، فإنني لا أرى سبباً للإيمان بوجود إله كهذا.

المؤمن: مع ذلك، موقفك غير مقنع جداً، لأنك تقر أن سبب الانفجار الكبير يقع

خارج مجال العلم، إنك مضطر لأن تقبل أصل الكون كحقيقة صرفة دون مستوى تفسير أكثر عمقاً.

الملحد: *إنني أفضل أن أقبل وجود الكون كحقيقة صرفة على أن أقبل الله كحقيقة قاسية. في نهاية المطاف، ينبغي أن يكون هناك كون ـ بالنسبة لنا ـ لنكون هنا كي نتناقش حول هذه الأشياء.*

إنني سوف أناقش قضايا كثيرة أثيرت في هذا الحوار في الفصول التالية. جوهر الخلاف هو: ما إذا كان على المرء أن يقبل ببساطة الشكل الانفجاري للكون كحقيقة عارية دون تفسير، أخذ الأمر كما هو على علاته، أم أن يبحث عن تفسير أكثر إقناعاً. فحتى وقت قريب، بدا وكأن أي تفسير كهذا عليه أن يتضمن عاملاً خارقاً للطبيعة يتجاوز قوانين الفيزياء. لكن تقدماً جديداً قد تم إحرازه في فهمنا للكون الأول ذاته، الذي حول النقاش برمته، ورمى ثانية هذا اللغز القديم في ضوء مختلف كلياً.

خليقة دون خلق

منذ موت نظرية الحالة الثابتة، بدا أن العلماء يواجههم خيار مختلف يتعلق بأصل الكون. فباستطاعة المرء إما أن يعتقد أن الكون قديم بشكل لانهائي بجميع المفارقات الفيزيائية المرافقة، أو أن يفترض أصلاً مفاجئاً من الزمان والمكان، والذي يقع تفسيره خارج مدى العلم. لكن تم إغفال إمكانية ثالثة: أن بالإمكان ربط الزمن بالماضي، وبذلك لم يأت إلى الوجود بشكل مفاجئ في فردانية.

قبل الغوص في تفاصيل هذا، دعني أبدي نقطة عامة حول جوهر مشكلة الأصل هي أن الانفجار الكبير قد حدث ـ كما يبدو ـ دون سبب فيزيائي، وهذا يعتبر ـ عادة ـ مناقضاً لقوانين الفيزياء. لكن على أية حال هناك مخرج صغير يدعى ميكانيك الكوانتم. فكما شرحت في الفصل الأول يقتصر تطبيق ميكانيك الكوانتم ـ عادة ـ على الذرات والجزيئات، وعلى الأجزاء الذرية الصغيرة. فتأثير الكوانتم بسيط بالنسبة للأجسام الكبيرة. تذكر أن في قلب فيزياء الكوانتم يكمن مبدأ عدم اليقينية لها هيزينبرغ الذي مفاده. أن جميع الكميات القابلة للقياس (مثل المكان، الدافع، أو الطاقة) هي خاضعة لتذبذبات لا يمكن التنبؤ بها من حيث قيمها، فعدم القدرة على التنبؤ تعني أن العالم الصغير microworld غير حتمي indeterministic: ولأستخدم عبارات آينشتاين في هذا الصدد: الله يلعب النرد مع الكون. ولذلك فإن أحداث الكوانتم لا يتم تحديدها بشكل مطلق بأسباب سابقة لها. مع أن احتمال حدث محدد (مثل التحلل الإشعاعي لنواة ذرية) تحدده النظرية، لكن النتيجة الفعلية لعملية كوانتم محددة غير معروفة، ومن حيث المبدأ غير قابلة لأن تُعرف.

فمن خلال إضعاف الرابطة بين السبب والنتيجة، فإن ميكانيك الكوانتم يقدم

طريقة دقيقة كي نحيط بمشكلة أصل الكون. فإذا ما أمكن العثور على طريقة تسمح للكون أن يأتي إلى الوجود من لا شيء كنتيجة لتذبذب الكوانتم، عندئذ لن يكون هناك خرق للقوانين الفيزيائية. بكلمات أخرى، إذا ما نظرنا إلى الأمر من خلال عيني فيزيائي كمومي، فإن الظهور التلقائي للكون ليس مفاجئة كبيرة، لأن الأجسام الفيزيائية تظهر بشكل عفوي طوال الزمن ـ دون أسباب معروفة تماماً، في عالم الكوانتم الصغير. عالم فيزياء الكوانتم لا يحتاج إلى مزيد من التوجه إلى فعل خارق للطبيعة كي يجلب الكون إلى الوجود، أكثر من أن يفسر لماذا تحللت مادة مشعة عندما فعلت ذلك. يعتمد كل هذا ـ طبعاً ـ على صحة ميكانيك الكوانتم عند تطبيقه على الكون ككل، إلا أن هذا ليس واضح الحدود. فبغض النظر تماماً عن الاكتشاف المذهل المعني بتطبيق نظرية جزيئات دون ذرية على الكون كله، هناك أسئلة عميقة من حيث المبدأ المتعلق بالمعنى المرتبط ببعض الموضوعات الرياضية المحددة في النظرية. لكن جادل بعض الفيزيائيين المرموقين أن بالإمكان جعل النظرية تعمل بشكل مقنع في هذه الحالة، مما أدى إلى ولادة موضوع «كوسمولوجيا الكوانتم».

مبرر كوسمولوجيا الكوانتم هو أنه إذا ما تم أخذ الانفجار الكبير جدياً، كان هناك زمن الكون فيه كان منضغطاً في أبعاد صغيرة. وتحت وطأة هذه الظروف لابد أن عمليات كمومية كانت هامة، خاصة التذبذبات التي يصفها مبدأ عدم اليقينية لهايزينبرغ، لابد أن كان لها تأثيراً عميقاً على بنية ونشوء الكون في طور نشوئه. إن حساباً بسيطاً يخبرنا متى كانت تلك الحقبة الزمنية. والنتائج الكمومية كانت هامة، عندما كانت كثافة المادة ١٠ أس ٩٤ و ١٠ أس ناقص ٣٣. لقد وجدت هذه الحالة للأشياء قبل ١٠ أس ناقص ٤٣ ثانية، عندما كان قطر الكون ١٠ أس ناقص ٤٣. يشار إلى هذه الأرقام باسم كثافة ماكس بلانك، وكذلك الزمن والكثافة سميا باسم ماكس بلانك واضع نظرية الكوانتم.

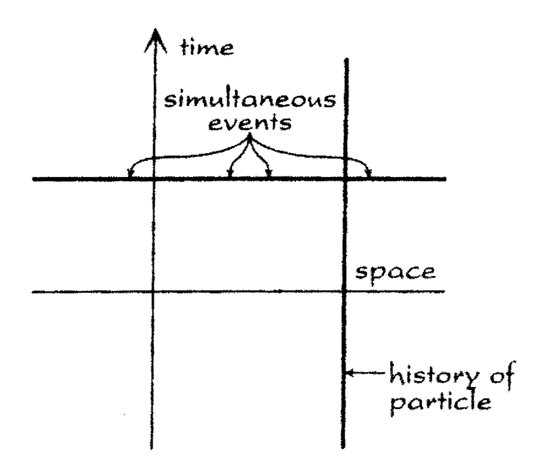
مقدار التذبذبات الكمومية على (fuzzout) العالم الفيزيائي، على مجال الترامايكروسكوبيك يقود إلى تنبؤ ساحر يتعلق بطبيعة المكان ـ الزمان. يستطيع الفيزيائيون مشاهدة تذبذبات الكوانتم في المختبر حتى لمسافة تبلغ ١٠ أس ناقص ١٦ وفي أزمنة تبلغ ١٠ أس ناقص ٢٦. وهذه التذبذبات تؤثر على أشياء مثل مواقع ودوافع

الذرات وهي تحدث ضمن خلفية مكانية زمنية محددة كما يبدو. وفي المجال البلانكي الأصغر بكثير، ستؤثر التذبذبات أيضا على المكان ـ الزمان ذاته.

لنفهم كيف يحدث ذلك، فمن الضروري أولاً أن نقدر الرابطة المتينة بين المكان والزمان. فالنظرية النسبية تطالب أن نرى المكان بأبعاد ثلاثية والزمان ببعد واحد كأجزاء من مكان ـ زمان رباعي الأبعاد موحدة. وعلى الرغم من التوحيد يبقى المكان مميزاً فيزيائياً عن الزمان. وليس لدينا صعوبة في التمييز بينهما في حياتنا اليومية. بيد أن الفارق بينهما يصبح مبهماً في حالة التذبذبات الكوانتية. في مقياس بلانك الكيانات المنفصلة للمكان والزمان بالإمكان أن تُشَوَّه. لكن كيف يحدث ذلك فهذا يتوقف على تفاصيل التجربة التي بالإمكان استخدمها لحساب الاحتمالات النسبية لبنى الزمان ـ المكان المتنوعة.

نتيجة لهذه التأثيرات الكمومية، قد يحدث أن البنية الأكثر احتمالاً للزمان ـ المكان تحت ظرف ما تكون مكاناً رباعي الأبعاد. لقد جادل كل من جيمس هارتل، وستيفن هاوكينغ أن بالتحديد تلك الظروف كانت سائدة في الكون المبكر جداً. أي إذا تخيلنا العودة خلفاً في الزمن باتجاه الانفجار الكبير، عندئذ، عندما نبلغ عند زمن بلانكي واحد بعدما حسبناه كانت الفردانية البدئية، فإن شيئاً ما غريباً يبدأ بالحدوث. يبدأ الزمن بالتحول إلى مكان. فبدلاً من التعامل مع أصل المكان ـ الزمان، علينا الآن أن نرضى بمكان رباعي الأبعاد، وينبثق السؤال المتعلق بشكل ذلك المكان، أي هندسته. في حقيقة الأمر، تسمح النظرية بتنوع لانهائي من الأشكال. وأي شكل كان في الكون الفعلي فهذا أمر مرتبط بمشكلة اختيار الشروط البدئية الصحيحة. يقوم هارتل وهاوكينغ باختيار محدد يزعمان أنه طبيعي بناء على أناقة رياضية.

من الممكن أن نقدم تمثيلاً تصويرياً مفيداً لفكرتهما، لكننا نحذر القارئ من أن يأخذ الصورة حرفياً. نقطة الانطلاق هي تمثيل المكان ـ الزمان، في شكل الزمان مرسوم عمودياً والمكان أفقياً (انظر الشكل ٤). المستقبل باتجاه أعلى الشكل والماضي باتجاه الأسفل.

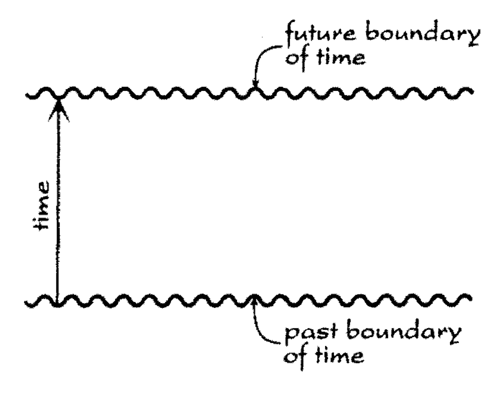


الشكل ٤

رسم بياني للزمان ـ المكان. الزمان عمودياً والمكان أفقياً. يظهر بعد واحد فقط للمكان. مقطع أفقي في الشكل يمثل كل المكان في لحظة واحدة من الزمن. والخط العمودي يمثل نقطة ثابتة في المكان (مثلاً موقع ذرة ثابتة) خلال الزمن.

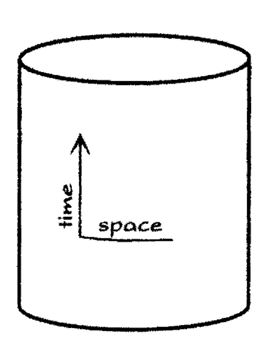
لكن بما أن من المحال تمثيل أربعة أبعاد كما ينبغي على صفحة الكتاب، فقد تم استبعاد جميع الأبعاد عدا بعد المكان الذي هو مع ذلك كافٍ لإبداء النقاط الأساسية. إن قطعة أفقية خلال الشكل تمثل كل المكان في لحظة زمنية واحدة، ويتمثل خط عمودي تاريخ نقطة في المكان في أزمنة متعاقبة. من المفيد تخيل هذا الشكل بعد رسمه على صفحة من الورق التي بالإمكان القيام ببعض العمليات عليها. (فقد يجد القارئ القيام بهذه العمليات أمراً مفيداً).

إذا كان المكان والزمان لانهائيين فإننا نحتاج إلى صفحة من الورق لانهائية من أجل هذا الشكل كي نمثل عليه المكان ـ الزمان كما ينبغي. لكن إذا لم يكن الزمن محاطاً في الماضي، فإنه لابد أن يكون للشكل حد محيط في مكان ما في الأسفل: يستطيع المرء تخيل قطع طرف أفقي في مكان ما. وقد يكون له أيضاً حد مستقبلي بحاجة إلى طرف مماثل على الطول الأعلى. (لقد أشرت إلى هذه الخطوط الأفقية المتعرجة في الشكل ٥). ففي تلك الحالة سيكون لدينا قطعة لانهائية ممثلة كل المكان اللانهائي في لحظات متعاقبة من بداية الكون في الطرف السفلي) إلى النهاية (في الطرف العلوي).



الشكل ٥

عند هذه المرحلة يستطيع المرء أن يتوقع إمكانية أن المكان ليس لانهائياً في نهاية المطاف. كان آينشتاين أول من استنتج أن المكان قد يكون محدوداً وغير محاط Unbounded، وهذه الفكرة تبقى جدية وفرضية كوسمولوجية قابلة للاختبار. إن إمكانية كهذه قد عدلت مباشرة صورتنا من خلال لف صفحة من الورق لتشكل أسطوانة.



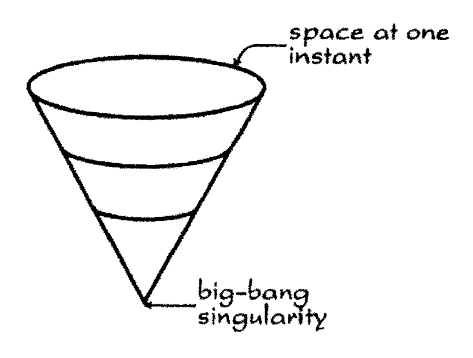
الشكل ٦

قد يكون الزمان محدداً دون خط محيطي. ويتمثل هذا بلف الشكل الزمني ـ المكاني على شكل أسطوانة. مقطع أفقي ممثلاً المكان في لحظة ما، يصبح بعدئذ دائرة.

فالمكان في كل لحظة يمثل الآن بدائرة محيطها محدد. (التشابه ذو البعدين هو سطح الكرة في ثلاثة أبعاد تسمى Hypersphere الذي من الصعب تخيلها، لكنها رياضياً محددة تماماً ومفهومة).

تشذيب أكثر هو إدخال تمدد الكون الذي بالإمكان أن نمثله بالسماح لحجم

الكون أن يتغير مع الزمن. وبما أننا معنيون هنا بأصل الكون فأنني سأتجاهل الطرف العلوي للشكل البياني، وأبين فقط ذلك الجزء بالقرب من الأسفل. لقد أصبحت الأسطوانة الآن مخروطية الشكل. ترسم دوائر قليلة لتمثيل الحجم المتمدد من الفراغ (الشكل ٧)



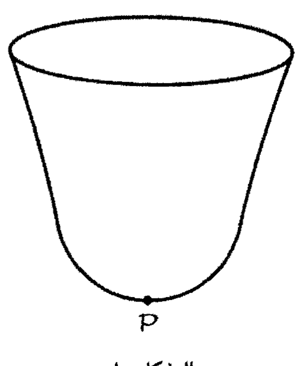
الشكل ٧

كون متمدد. نتيجة تمدد كوسمولوجي بالإمكان تمثيله على شكل زمني - مكاني عن طريق تحويل الأسطوانة في الشكل ٦ إلى مخروط. قمة المخروط تقابل فردانية الانفجار الكبير. مقاطع أفقية عبر المخروط هي الآن دوائر ذات أقطار أكبر بشكل متعاقب، تدل على أن المكان يصبح أكبر.

فرضية أن الكون نشأ في فردانية ضغط لا متناه تمثل هنا بالسماح للمخروط أن يضيق إلى نقطة واحدة عند القاعدة. بينما تمثل قمة المخروط الظهور المفاجئ لكلا المكان والزمان في انفجار كبير.

الزعم الأساسي لكوسمولوجيا الكوانتم هو أن مبدأ عدم اليقينية لها يزنبيرغ مشوه بحدة عند ذروة المخروط، مبدلاً إياها بشئ ما أنعم. وتعتمد ماهية ذلك الشيء على النموذج النظري، لكن في نموذج هارتل وهاوكنيغ - دليل أولي - هو أن تدويراً للقمة في الطريقة المبينة في الشكل ٨ حيث تستبدل نقطة المخروط بنصف كرة. نصف قطر الكرة هو الطول البلانكي ١٠ أس ناقص ٣٣. صغير جداً بالمقاييس البشرية، لكنه كبير بشكل لا متناه بالمقارنة مع نقطة فردية. فوق نصف الكرة هذا ينفتح المخروط إلى الخارج بالطريقة المعتادة ممثلاً التطور غير الكمومي النموذجي للكون المتمدد. فهنا، أي في الجزء

العلوي فوق الالتقاء مع نصف الكرة، يسير الزمن عمودياً إلى أعلى المخروط كالمعتاد، ومميز فيزيائياً بوضوح تام عن المكان الذي يسير أفقياً حول المخروط. تحت نقطة الاتصال الوضع مختلف دراماتيكياً. فالبعد الزمني يبدأ بالتقوس دائرياً في الاتجاه الزمني (أي أفقياً). وقرب قاعدة نصف الكرة ذو سطح منحنٍ تقريباً أفقياً وله بعدين. يمثل هذا مكاناً ثنائي البعد بدلاً من بعد مكاني وزمني واحد. لاحظ أن الانتقال من الزمان إلى المكان هو انتقال تدريجي، ويجب أن لا نعتقد أنه يحدث فجأة عند المفصل. لنعبر عن ذلك بطريقة أخرى، بالإمكان القول أن الزمن يظهر تدريجياً من المكان بينما ينحني نصف الكرة تدريجياً إلى داخل المخروط إنه لا يتمدد إلى الخلف في الماضي اللانهائي. ومع ذلك لا توجد هناك «لحظة أولى» حقيقية من الزمن، ولا بداية فجائية في أصل فردانية الانفجار الكبير وقد تم إلغاؤها.



الشكل ٨

خليقة دون خلق. في هذه الرواية لأصل الكون قمة المخروط في الشكل ٧ قد قلبت. لا يوجد بداية مفاجئة: يتلاشى الزمن تدريجياً باتجاه قاعدة الشكل. الحدث p يبدو مثل اللحظة الأولى، لكن هذه هي الطريقة التي رسم فيها الشكل Artifact. لا يوجد هنا بداية محددة تماماً، على الرغم من أن الزمن لا يزال محدداً في الماضي.

قد يكون المرء ميالاً إلى الاعتقاد أن قاعدة الكرة (القطب الجنوبي) على أنها أصل الكون. لكن كما يؤكد هاوكينغ أن هذا خاطئ. يتميز جزء من السطح الكروي بحقيقة أن ـ هندسياً ـ جميع النقاط التي على سطحه هي متساوية، أي لا تستثني أية نقطة على أنها صاحبة امتياز بأي شكل من الأشكال. وقاعدة نصف الكرة تبدو بالنسبة

لنا ـ بشكل خاص ـ منحنية، بسبب الطريقة التي اخترناها لتمثيل صفيحة الورق. فإذا ما تم قلب المخروط رأساً على عقب فإن نقطة أخرى تصبح قاعدة البنيان. ويوضح هاوكينغ أن الوضع هو لحد ما مشابه للطريقة التي تمثل فيها السطح الكروي للأرض هندسياً. خطوط العرض Convenge على قطبي الأرض الشمالي والجنوبي لكن سطح الأرض عند هذه الأماكن يبقى نفسه مثل أي مكان آخر. بالإمكان أن نختار ـ بشكل متساو ـ مكة أو هونغ كونغ كمركز لهذه الدوائر. (فالخيار الحقيقي قد فرضه محور دوران الأرض، وهذه سمة لا علاقة لها بالنقاش الحالي). لا يوجد هناك اقتراح بأن سطح الأرض يصل إلى توقف مفاجئ عند القطبين، بل يوجد فردانية في جهاز تنسيق لخطي العرض والطول، لكن لا تنسيق فردانية فيزيائية في الهندسة.

لجعل هذه النقطة أوضح، تخيل إحداث حفرة صغيرة في القطب الجنوبي من نصف الكرة الجنوبي في الشكل ٨، ثم فتح الحفرة (افتراض أنها مرنه) لتشكل أسطوانة، ثم نزع اللفافة عن الاسطوانة، ونشرها لتشكل صفيحة مسطحة. إننا سننتهي بصورة مماثلة تماماً (للشكل ٥). الفكرة هي أن ما اعتبرناه سابقاً أصلاً فردياً للزمن (أي الطرف السفلي) هو فعلاً الفردية الثانوية عند القطب الجنوبي ممتداً بشكل لا نهائي. والشيء ذاته يحدث مع خرائط الأرض في إسقاط Mencator، والقطب الجنوبي الذي هو مجرد نقطة عادية تامة على سطح الأرض يتمثل بخط أفقي محيطي وكأنما لسطح الأرض طرف آخر هناك. لكن الطرف هو فقط صنع يدوي للطريقة التي اخترناها كي تمثل الهندسة الكروية من خلال نظام منسق Co - ordinate محدد. إننا أحرار أن نعيد رسم خارطة الأرض باستخدام نظام منسق مختلف في نقطة أخرى مختارة كمركز لدوائر خطوط العرض. وفي هذه الحالة سيظهر القطب الجنوبي على الخارطة كما هو فعلاً، نقطة عادية تماماً.

النتيجة النهائية هذه هي أن، وفقاً لهارتل وهاوكينغ، ليس هناك أصل للكون. مع ذلك، ذلك لا يعني أن الكون قديم بشكل لا نهائي، فالزمن محدد في الماضي، لكن ليس له محيط. وبذلك يتم حسم قرون من صراع فلسفي على مفارقات اللانهائية مقابل زمن له نهاية بكل أناقة. لقد تمكن هارتل وهاوكينغ ـ وبكل براعة ـ من المرور بين قرون تلك الأحجية المعروفة. ويعبرها وكينغ عن ذلك بالقول: «الحالة المحيطية للكون هي أن ليس له محيط»(٥).

مضامين الكون الذي قدمه هارتل وهاوكينغ للاهوت مضامين عميقة، وكما يشير هاوكينغ شخصياً: «طالما أن الكون كانت له بداية، فبإمكاننا أن نفترض أنه كان له خالق، لكن إذا كان الكون محتوى ـ ذاتياً تماماً، ليس له محيط أو طرف، بالتالي لن يكون له بداية أو نهاية: إنه ببساطة كان. فما هو المكان إذن، بالنسبة للخالق؟(٦) لذلك فإن الجدال هو لأن ليس للكون أصل فردي في الزمن، فليس هناك حاجة للتوجه إلى عمل خلق خارق للطبيعة عند البداية. أما الفيزيائي البريطاني كريس Isham ـ الخبير في كوسمولوجيا الكوانتم ـ فقد قام بدراسة المعاني اللاهوتية لنظرية هارتل ـ هاوكينغ. «فمن الناحية السيكولوجية، ليس هناك شك أن وجود هذه النقطة الفردانية البدئية هو أمر طبيعي لتوليد فكرة خالق يجعل العرض كله متدحرجاً»(٧). لكن هذه الأفكار الكوسمولوجية الجديدة تبدو أنها تسد الفجوة بكل أناقة».

على الرغم من أن اقتراح هاوكينغ هو لصالح كون دون أصل محدد في الزمن، إلا أن القول في هذه النظرية أن الكون لم يكن موجوداً دائماً هو قول صحيح أيضاً. ويصح القول أيضاً أن الكون قد خلق نفسه. الطريقة التي أفضل أن أعبر بها عن ذلك هي: هل أن كون المكان ـ الزمني للمادة مقسوم داخلياً ومحتوى ذاتياً. وجوده لا يتطلب أي شيء خارجه، أي بالتحديد ليس هناك داعٍ لمحرك أولي؟ كذلك، هل هذا يعني أن بالإمكان تفسير وجود الكون علمياً دون الحاجة إلى الله؟ وهل باستطاعتنا أن نعتبر أن الكون يشكل نظاماً مغلقاً، محتوياً لعلة وجوده كلياً داخل ذاته؟ إلا أن الإجابة تتوقف على المعنى المرتبط بكلمة «تفسير». فإذا ما أُعطي الكون قوانين الفيزياء هل تُمكِّن الكون أن يعتني بذاته، من ضمن ذلك خلقه هو؟ لكن من أين تأتي تلك القوانين؟ وهل ـ يجب علينا ـ نحن أن نجد لها تفسيراً؟ فهذا موضوع سأناقشه في الفصل التالي.

هل تستطيع هذه التطورات العلمية الحالية أن تنسجم مع المعتقد المسيحي بالخلق من العدم؟ فكما أكدت مراراً، لا يمكن اعتبار فكرة الله جالباً الكون إلى الوجود من لا شيء عملاً آنياً، لأنها تتضمن خلق الزمن. ففي المنظور المسيحي الحديث، الخلق من عدم يعني إبقاء الكون في الوجود في جميع الأزمنة. وفي الكوسمولوجيا العلمية الحديثة، لم يعد لزاماً على المرء أن يعتبر المكان ـ الزمان على أنهما آتيين إلى الوجود» بأي شكل من الأشكال. بالأحرى يقول المرء إن المكان ـ الزمان (أو الكون) ببساطة يكون (is). «هذه الخطة ليس لها حدث بدئي ذو مكانة خاصة» كما يشير الفيلسوف أوليم

دريس Ulim drees: «طالما أن جميع اللحظات لها علاقة مماثلة مع الخالق، إما أنها جميعاً «دائماً هناك» كحقيقة صرفة، أو أنها جميعاً مخلوقة على السواء. إنها لسمة جيدة لكوسمولوجيا الكوانتم هذه، أن ذلك الجزء من مضمون الخلق من عدم الذي كان من المفترض أنه الأكثر تناقضاً مع العلم، خاصة سمة البقاء، بالإمكان اعتباره الجزء الأكثر طبيعية في سياق النظرية»(٨).

صورة الله المفترضة في هذه النظرية مستمدة لحد كبير من الرب المسيحي في القرن العشرين. يتصور الفيلسوف دريس Drees تشابهاً وثيقاً مع الصورة لإله وحدانية الوجود التي تبناها اسبينوزا فيلسوف القرن السابع عشر حيث يتخذ الكون الفيزيائي ذاته بعض جوانب وجود الله، مثل كونه «أزلي» و«ضروري».

مايزال باستطاعة المرء أن يسأل «لماذا يوجد الكون؟» أينبغي أن يعد الوجود «اللازمني» للمكان ـ الزمان شكلاً مؤقتاً «للخلق»؟ في هذا المعنى، الخلق من لاشيء لن يشير إلى أي انتقال مؤقت من لا شيء إلى شيء. بل يستخدم فقط كمذكر أن من المحتمل أنه لم يكن هناك شيء بدلاً من شيء. سيوافق معظم العلماء على أن وجود مخطط رياضي للكون ليس الشيء ذاته مثل الوجود الفعلي لذلك الكون. وعلى أن المخطط يجب أن يطبق. وبذاك مايزال هناك ما يسميه دريس Drees «جواز أنطولوجي». فنظرية هارتل ـ هاوكينغ تناسب هذا المعنى المجرد للخلق، لأنها نظرية كوانتم. فجوهر فيزياء الكوانتم كما ألمحت هو عدم اليقينية: التنبؤ في نظرية الكوانتم هو تنبؤ احتمالات بدلاً من يقينيات. والشكلانية الرياضية عند هارتل وهاوكينغ تقدم احتمالات بأن كوناً محدداً، وبترتيب محدد للمادة، قد يوجد في كل لحظة. في تنبؤ أن هناك لا يوجد احتمال صفر لكون محدد، يقول المرء بدلاً من ذلك أن هناك فرصة محددة أنه سوف يكون هناك كون. وبذلك الخلق من عدم يعطى هنا التفسير الملموس لـ «للممكنات».

أكوان أمهات وأكوان وليدة

قبل ترك مشكلة أصل الكون ينبغي علي أن أقول شيئاً عن نظرية كوسمولوجية حديثة مسألة الأصل فيها تدخل بطريقة مختلفة جذرياً. ففي كتابي (الله والفيزياء الحديثة) عومت فكرة أن ما نسميه الكون ربما قد بدء كنمو خارجي لنظام ما أكبر حجماً، ومن ثم فك ذاته ليصبح كياناً مستقلاً. وهذه الفكرة الرئيسية مبينة في الشكل ٩.

المكان هنا ممثل كصفيحة ثنائية الأبعاد. فبما ينسجم مع النظرية النسبية العامة، يمكننا أن نتخيل هذه الصفحة وكأنها منحنية، ويستطيع المرء أن يتصور كتلة محلية مشكلة على الصفحة، ومرتفعة على شكل نتوء مرتبط بالصفحة الرئيسية، ذات رقبة رفيعة. قد يحدث بعدئذ أن تصبح الرقبة انحف بإطراد حتى تنفصل تماماً عن الصفحة. أما النتوء فيتحول بعد ذلك ليصبح فقاعة غير متصلة تماماً، أي أن الصفحة الأم قد ولدت طفلاً.

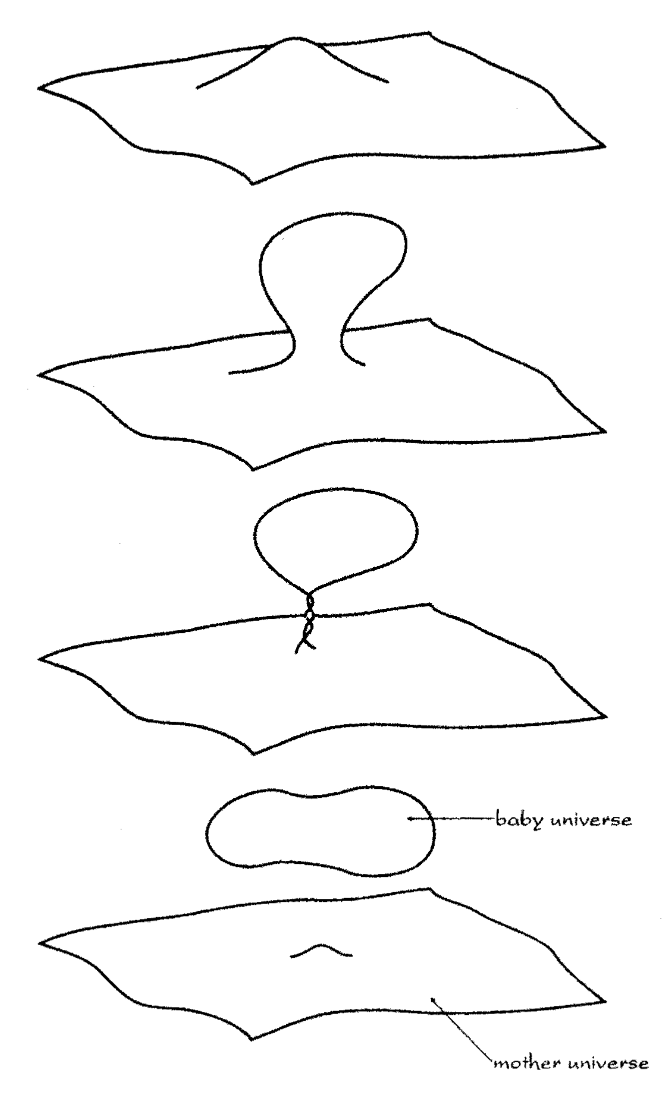
هناك سبب وجيه لنتوقع حدوث شيء كهذا في الكون الفعلي. فالتذبذبات العشوائية المرتبطة بفيزياء الكوانتم تعني أن ـ في مجال ألترا مايكروسكوبيك ـ جميع أشكال البروزات، وحفر الديدان، والجسور يجب أن تكون متشكلة ومتلاشية في جميع أرجاء المكان ـ الزمان. أما الفيزيائي الروسي أندريه لندي Linde فلديه فكرة أن كوننا قد تشكل بهذه الطريقة، كفقاعة صغيرة من المكان ـ الزمان، ثم تسطحت بمعدل خيالي لتولد انفجاراً كبيراً. كما طور آخرون نماذج مماثلة. فالكون الأم الذي باض كوننا أيضا يتسطح باستمرار بمعدل وهمي، ويبض أكواناً وليدة. فإذا ما كانت هذه الأمور صحيحة، فإنها تعني أن كوننا هو مجرد جزء من تجمع أكوان لا متناهية، مع أنه محتوى ذاتياً الآن. والتجمع ككل ليس له بداية أو نهاية. إن استخدام كلمات مثل

(بداية) و(نهاية) ينطوي على مشاكل. لأنه ليس هناك زمن فوق كوني الذي تحدث فيه عملية الإباضة هذه، على الرغم من أن كل فقاعة لها زمنها الداخلي الخاص بها.

هناك سؤال مهم ما إذا كان كوننا قادراً أيضاً أن يكون أُماً ويلد أكواناً صغيرة.هل من الممكن لعالم ما مجنون أن يخلق كونه أو كونها الخاص به في المختبر؟ لقد تقصى آلان غوث Alan Guth هذا السؤال، وهو واضع نظرية التسطح. لقد اتضح أن إذا كانت كمية كبيرة من الطاقة مركزة فقد يتشكل نتوء مكاني ـ زماني فعلاً. فللوهلة الأولى يبدو هذا مزعجاً لأن انفجاراً كبيراً جديداً سوف يشعل فتيله، لكن في حقيقة الأمر، ما يحدث هو أن تشكل النتوء يبدو ومن منطقتنا المكانية ـ الزمانية مثل خلق حفرة سوداء. وعلى الرغم من أنه قد يكون هناك تسطح انفجاري ضمن مكان النتوء، إلا أننا نرى فقط حفرة سوداء تنكمش بشكل ثابت. وفي نهاية المطاف، تتبخر الحفرة تماماً، وفي تلك اللحظة يصبح كوننا منفصلاً عن وليده.

بالرغم من جاذبية هذه النظرية إلا أنها تبقى تخمينية جداً، وسأعود إليها باقتضاب في الفصل الثامن. وإن كلاً من نظرية الأم والوليد، ونظرية هارتل هاوكينغ تحيطان ببراعة بالمشكلات المتعلقة بأصل الكون من خلال التوجه إلى عمليات الكوانتم. الدرس الذي يجب أن نتعلمه هو أن فيزياء الكوانتم تفتح الباب على أكوان عمرها محدد، والتي لا يتطلب وجودها سبباً قبلياً محدداً بشكل جيد. أي ليس هناك حاجة إلى فعل خلق.

جميع الأفكار الفيزيائية المناقشة في هذا الفصل مبنية على الافتراض أن الكون ككل يمتثل لقوانين فيزيائية محددة بشكل جيد. هذه القوانين الفيزيائية التي تعزز واقع الفيزياء موضوعة في نسيج رياضي، وهذا النسيج مؤسس على أساس منطقي متين. السبل من الظواهر الفيزيائية، مروراً بقوانين الفيزياء، إلى الرياضيات، وأخيراً المنطق، يفتح على مصراعيه المنظور المأمول بأن بالإمكان فهم العالم من خلال تطبيق واستخدام المحاكمة المنطقية وحدها. فهل من المحتمل أن معظم الكون الفيزيائي هو كما هو عليه كنتيجة لضرورة منطقية؟ لقد زعم بعض العلماء أن الأمر هو كذلك. وأن هناك فقط مجموعة واحدة متسقة منطقياً وحيدة فقط. لتقصي هذا الزعم الكاسح علينا أن نتحرى بدقة طبيعة قوانين الفيزياء.



الشكل ٩

كون صغير يفقس. الكون الأم ممثلاً بورقة ذات بعدين. تحدب في الورقة ينشأ عن تأثيرات الجاذبية. إذا كانت الجاذبية شديدة بما فيه الكفاية التحدب يستطيع أن يولد انتفاخا يُشكل كوناً صغيراً مستقلاً بحبل سري أو رقبة تعرف باسم (ثقب الدودة). من الكون الأم تظهر الرقبة كثقب أسود. في نهاية المطاف يتبخر الثقب قاطعاً الحبل ومعطياً الكون الوليد وجوداً مستقلاً.

الفصل الثالث

ما هي قوانين الطبيعة؟

في الفصل الثاني ناقشت أن الكون إذا ما أعطي قوانين الفيزياء، فإن باستطاعته أن يخلق نفسه. أو لنقل ذلك بأسلوب أكثر صحة: إن وجود كون دونما سبب أولي خارجي، لم يعد هناك حاجة لأن يعتبر وجوده على أنه في نزاع مع قوانين الفيزياء. هذه النتيجة مبنية ـ على الأخص ـ على مدى تطبيق كوسمولوجيا فيزياء الكوانتم. فإن ما أعطي الكون القوانين فإن وجوده بحد ذاته ليس إعجازاً. هذا يجعل الأمر وكأنما قوانين الفيزياء تقوم بدورها وكأنها (سبب وجود الكون). ويرى معظم العلماء أن بإمكان إرجاع الأساس المتين للواقع إلى هذه القوانين: إنها الحقائق الخالدة التي الكون مبني عليها.

مفهوم القوانين مفهوم راسخ جداً في العلم، لدرجة أنه وحتى وقت قريب قلة من العلماء هم الذين توقفوا عن التفكير حول طبيعة وأصل هذه القوانين، وكانوا سعداء أن يقبلوها «كمعطى». أما وقد أحرز الفيزيائيون والكوسمولوجيون تقدماً سريعاً باتجاه معرفة ما يعدونه قوانين الكون النهائية، فقد عادت إلى السطح أسئلة قديمة كثيرة: لماذا تتخذ القوانين الشكل الذي تتخذه؟ هل من الممكن أنها كانت غير ذلك؟ من أين تأتي هذه القوانين؟ وهل توجد هذه القوانين مستقلة عن الكون الفيزيائي؟

أصل القانون

إن مفهوم قانون من القوانين الطبيعية لم يخترعه أي عالم أو فيلسوف، على الرغم من أن الفكرة كانت متبلورة في الحقبة العلمية الحديثة فقط، إلا أن أصولها ترجع إلى

فجر التاريخ، وهي مرتبطة بالدين بشكل وثيق. فلابد أن أسلافنا القدماء كانت لديهم فكرة أولية عن العلاقة بين السبب والنتيجة. فضرب جوزة بحجر يجعلها تنكسر، ورمي رمح بعناية بالإمكان توجيهه بدقة بحيث يتبع مساراً محدداً. لكن على الرغم من أن انتظامات سلوك محدد كانت تشكل ظاهرة لدى هؤلاء القدماء، إلا أن أغلب الظواهر الطبيعية المهيمنة بقيت غامضة لا يمكن التنبؤ بها، واخترعت الآلهة كي تفسرها. وهكذا وجدت آلهة المطر ، وآلهة الشمس، وآلهة الشجر، وآلهة النهر وهلم جرا. كان العالم تحت سيطرة كائنات خفية قوية كثيرة.

إن تقويم ثقافات قديمة من خلال شروطنا ينطوي دائماً على نسبة من المجازفة، شروطنا التي من بينها جميع افتراضاتنا المضمرة وأهواءنا. أما في عصر العلم فمن الطبيعي أن نسعى إلى تفسيرات ميكانيكية للأشياء: وتر القوس يدفع السهم، والجاذبية تشد الحجر إلى الأرض. سبب محدد عادة على شكل قوة، يولد تأثيراً لاحقاً. لكن الثقافات المبكرة لم تكن تنظر إلى العالم عموماً بهذه الطريقة. لقد فهم البعض الطبيعة كساحة معركة لقوى متصارعة. آلهة أو أرواح، لكل منها شخصيته المميزة، تتصادم أو تتصالح. أما ثقافتنا ـ خاصة في الشرق ـ فقد اعتقد أن العالم الفيزيائي كان قماشاً مقدساً لمؤثرات مستقلة. ففي جميع النظريات الكوسمولوجية المبكرة تقريباً كان العالم لا يشبه بآلة بل بعضوية حية. وقد أعطيت أهداف لأشياء فيزيائية، كما يبدو معظم الحيوانات أنها تسلك بطريقة غائية. وأثر هذا التفكير ما يزال باقياً حتى اليوم. فعندما يتحدث الناس عن ماء «يسعى إلى الخروج»، أو يشيرون إلى طرف إبرة البوصلة أنها (تسعى إلى الشمال). إن فكرة نظام فيزيائي يسعى إلى مخرج، أو مواجها، أو مشدوداً باتجاه هدف نهائي هو ما يعرف باسم تيتلوجيا Teteology أي الغائية. فالفيلسوف اليوناني أرسطو الذي أورد صورته الأرواحية للكون في الفصل الأول قد ميز بين أربعة أنواع من القضايا:

القضية المادية، القضية الشكلية، القضية الكيفية والقضية الغائية. وهذه القضايا موضحة من خلال مثال قضايا بناء منزل: أولاً هناك القضية المادية التي تحدد هنا بلبنات البناء والمواد الأخرى التي منها يبنى المنزل. أما القضية الشكلية فهو الشكل الذي ترتب فيه المواد. والقضية الكيفية أي الوسائل التي تصاغ فيها المادة في شكلها. وأخيراً القضية الغائية أي الغاية من البناء. ففي حال بناء منزل هذا الهدف قد يشمل مخططاً موضوعاً مسبقاً يعمل البناء وفقاً له.

على الرغم من أن أرسطو مسلح بفكرة تفصيلية عن السببية، إلا أنه لم يصغ كما يجب ما نفهمه اليوم على أنه قوانين الطبيعة. لقد ناقش حركة الأشياء المادية، لكن ما يسمى قوانين الحركة التي ذكرها، كانت في حقيقة الأمر مجرد أوصاف لكيفية القضايا النهائية التي كان من المفترض أن تعمل. فعلى سبيل المثال: حجر سوف يقع الآن «المكان الطبيعي» للأشياء الضخمة على الأرض، والغازات المخلفة سترتفع لأن مكانها الطبيعي هو في العالم الأثيري فوق السماء وهلم جرا.

معظم هذا التفكير كان قائماً على الافتراض أن خواص الأشياء الفيزيائية كانت خصائص جوهرية تنتمي إلى تلك الأشياء. فالتنوع الكبير للأشكال والمواد الموجودة في العالم الفيزيائي كان يعكس التنوع اللامحدود للخواص الجوهرية.

كانت الأديان التوحيدية تتبع هذه الطريقة في النظر إلى العالم. وتصور اليهود الله على أنه معطي الشريعة. وبما أن هذا الله مستقل عن خلقه ومنفصل عنه فقد فرض القوانين على الكون الفيزيائي من الخارج. وكان يعتقد أن الطبيعة خاضعة للقوانين بمرسوم إلهي. كان باستطاعة المرء أن يحدد أسباباً للظواهر، لكن العلاقة بين السبب والنتيجة كانت محكومة بالقوانين. لقد درس جون بارو الأصول التاريخية لمفهوم القوانين الفيزيائية، فيقارن مجمع الآلهة الإغريقي بإله اليهود الواحد: «عندما ننظر إلى مجمع الآلهة الإغريقي المعقد نسبياً، فإننا لا نجد مفهوماً معطى لقانون كوني كلي القدرة وهذا أمر شديد الوضوح. فالأحداث تقرر عن طريق التفاوض، أو الخداع، أو الجدل بدلاً من مرسوم كلي القدرة. ويبدأ الخلق عن طريق لجنة بدلاً من أن يبدأ من مرسوم»(١).

النظرة بأن القوانين مفروضة على الطبيعة بدلاً من أن تكون في الطبيعة بشكل فطري، قد تبنتها المسيحية والإسلام أيضاً دون أي صراع. ويروي لنا بارو أن القديس توما الإكويني قد «اعتبر الميول الأرسطية الفطرية كجوانب من العالم الطبيعي التي استخدمها الله بحسن رعايته. على أية حال، كانت حرمة الطبيعة لا تنتهك في هذا المشروع التعاوني، فوفقاً لهذه النظرة، علاقة الله بالطبيعة هي علاقة شريك بدلاً من علاقة سلطة عليا»(٢). لكن أسقف باريس أدان هذه الأفكار الأرسطية في عام ١٢٧٧، كي يحل محلها معتقد لاحق، مفهوم الله فيه أنه صانع القانون، وقد صيغ ذلك جيداً في ترنيمة Kem pthorm كيم فاثورم في عام ١٧٩٦:

مجدّ الرب لأنه خلق

عوالم تمتثل لصوته القدير

تمتثل لقوانين لن تُخرق أبداً

من أجل إرشاد العوالم

قد خلق القوانين.

من الأهمية بمكان تتبع التأثيرات الثقافية والدينية أثناء عملها في صياغة المفهوم الحديث لقوانين الطبيعة. فأوروبا القروسطية الخاضعة من ناحية للمعتقد المسيحي قانون الله كما يتبدى في الطبيعة، ومن ناحية ثانية إلى مفهوم قانون مدني تعززه القوة، فقد قدمت أوروبا بيئة خصبة لنشوء الفكرة العلمية حيال قوانين الطبيعة. وهكذا نجد أن الفلكيين الأوائل من أمثال ياكو براهيTycho Brahe، وجون كيبلر أثناء عملهما على استنتاج قوانين حركة الكواكب، اعتقدا أن في دراسة عمليات الطبيعة المنظمة فإنهم كانوا يكتشفون التصميم العقلاني الذي وضعه الله. وقد عبر عن هذا الموقف الفيلسوف والعالم الفرنسي ديكارت، كما تبناه اسحاق نيوتن الذي أعطت قوانينه في الحركة والجاذبية ولادة عصر العلم.

لقد آمن نيوتن ـ شخصياً ـ بكل قوة بوجود مُصَمِّم عمل من خلال قوانين رياضية ثابتة. فبالنسبة لنيوتن ومعاصريه كان الكون آلة رائعة ضخمة خلقها الله، لكن الآراء اختلفت حول طبيعة الرياضي والمهندس الكوني ـ فهل قام الله بتركيب الآلة، وقرنها، وتركها لتعتني بذاتها؟ أم هل أشرف بفعالية على سيرها من يوم إلى يوم آخر؟ لقد اعتقد نيوتن أنه قد تم إنقاذ الكون من تفكك الجاذبية فقط من خلال معجزة أبدية. إن تدخلاً إلهياً كهذا هو مثال كلاسيكي على إله الفجواتGod of the gaps. إنه جدال محفوف بالمخاطر، ويترك رهينة للحظ بأن تقدماً مستقبلياً في العلم قد يملأ الفجوة بشكل مُرضٍ. في الحقيقة ثبات الجاذبية الكونية أمر مفهوم تماماً اليوم، لكن في عصر نيوتن، فقد سخر منه منافسوه في القارة الأوروبية عندما قال عن افتراضه أنه معجزة أبدية، ولذلك نجد ليبنتز Lebniz يقول:

«السيد نيوتن وأتباعه يتبنون رأياً شديد الغرابة حول عمل الله. فوفقاً لهم، على الله أن يقرن ساعته من حين لآخر، وإلا سوف تتوقف عن العمل. لقد افتقر إلى بصيرة

كافية لجعلها تعمل بناء على حركة أبدية... وحسبما أرى، فإن نفس القوة والفاعلية مستمران في الوجود في العالم دائماً»(٣).

فبالنسبة لديكارت وليبنتز، كان الله رأس النبع وكفيل العقلانية الإجمالية التي تملأ الكون. فهذه العقلانية هي التي تفتح الباب على فهم الطبيعة من خلال استخدام العقل البشري، الذي هو بحد ذاته نعمة من الله. تبرير أوروبا عصر النهضة لما نسميه اليوم الطريقة العلمية في البحث كان الإيمان بإله عقلاني، والذي بالإمكان استنباط نظامه المخلوق من خلال دراسة دقيقة للطبيعة. وقد توصل نيوتن إلى الاعتقاد بأن قوانين الله كانت لا تتغير. ويقول بارو: «الثقافة العلمية التي نشأت في أوروبا، ونحن ورثتها، كان يهيمن عليها التأييد لثبات قوانين الطبيعة بشكل مطلق، وبذلك فقد كتبت معنى المشروع العلمي وضمنت نجاحه»(٤).

بالنسبة للعالم الحديث، يكفي فقط أن الطبيعة لديها الانتظامات الملحوظة التي ما نزال نسميها قوانين، ومسألة أصل القوانين لا تثار عادة. مع ذلك من الأهمية بمكان أن نتحرى ما إذا كان ممكناً للعلم أن يزدهر في أوروبا القروسطية وعصر النهضة لولا اللاهوت الغربي. فالصين على سبيل المثال كانت لديها ثقافة عالية التطور ومعقدة في ذلك الوقت، والتي أنتجت بعض الابتكارات التكنولوجية التي كانت متقدمة على أوروبا. فالعلامة الياباني كو سكي Kow Seki الذي عاش في عصر نيوتن معروف بالابتكار المستقل لعلم التفاضل التكاملي، وطريقة حساب Pi، لكنه فضل إبقاء هذه المعادلات سراً. وفي دراسته للفكر الصيني القديم يقول جوزيف نيدهامNeedham «لم يكن هناك ثقة بأن بالإمكان فك شيفرة قوانين الطبيعة وقراءتها، لأنه لم يكن هناك تأكيد أن كائناً إلهياً ـ أكثر عقلانية منا ـ صاغ شيفرة كهذه لا يمكن قراءتها»(٥). ويجادل بارو أن في غياب «مفهوم كائن إلهي عمل ليشرّع ما كان يحدث في عالم الطبيعة، والذي شكلت مراسيمه «قوانين للطبيعة» لا تنتهك، والذي قد دوّن المشروع العلمي بالتالي فقد حُكم على العلم الصيني «بولادة راكدة غريبة»(٦).

فعلى الرغم من أن هناك دون شك بعض من الحقيقة في الزعم أن الفوارق في التقدم العلمي بين الشرق والغرب بالإمكان عزوها إلى فروقات لاهوتية، إلا أن عوامل أخرى مسؤولة أيضاً. لقد أسس القسم الأكبر من العلم الغربي على الطريقة التحليلية حيث خصائص نظام ما معقد يتم فهمها من خلال دراسة سلوك الأجزاء الأخرى

المكونة له. دعني أعطي مثالاً بسيطاً. من المحتمل أنه ما من أحد يستطيع أن يفهم جميع أنظمة طائرة بوينغ ٧٤٧، لكن كل جزء منها مفهوم من قبل شخص ما. إننا سعداء بقولنا أن سلوك الطائرة ككل مفهوم، لأننا نعتقد أن الطائرة هي مجرد إجمالي أجزائها. إن قدرتنا على تشريح أنظمة الطبيعة بهذه الطريقة كانت حاسمة في مسار تقدم العلم. إن كلمة «تحليل» تستخدم في أغلب الأحيان كملازمة لكلمة «العلم»، وتعبر عن الافتراض أن باستطاعتنا تفكيك الأشياء قطعاً، وأن ندرسها منعزلة لكي نفهم الكل. يزعم البعض أن نظاماً معقداً مثل الجسم البشري بالإمكان فهمه من خلال معرفة سلوك الجينات الفردية، أو القواعد الحاكمة للجزئيات التي تشكل خلايانا. فإذا لم نستطع فهم أجزاء محددة من الكون دون فهم الكل، فإن العلم سيكون مشروعاً ميئوساً منه. فمع أن هذه السمة التحليلية للأنظمة الفيزيائية ليست كونية كما كان البعض يظن في الماضي. إلا أن في السنوات الأخيرة توصل العلماء إلى فهم المزيد من أنظمة كان يجب أن تفهم بطريقة تقديسية، أو لا تفهم على الإطلاق. وهذه الأنظمة موصوفة رياضياً بمعادلات تعرف باسم «اللاخطية non - linear». بالإمكان العثور على المزيد من التفاصيل في كتابيّ /المخطط الكوني/ و/أسطورة المادة/. فقد يكون مجرد مصادفة تاريخية أن العلماء الأوائل كانوا منشغلين بأنظمة فيزيائية خطية، كالنظام الشمسي مثلاً ـ التي هي ـ قابلة ـ بشكل خاص ـ للأساليب التحليلية والطريقة التحليلية.

لقد حفزت «قدسية العلم» في السنوات الأخيرة ـ على مجموعة كتب أهمها /تاو والفيزياء لمؤلفه فريتج كابرا، الذي يشدد على أوجه الشبه بين الفلسفة الشرقية القديمة بتشديدها على الترابطية التقديسية بين الأشياء الفيزيائية، وبين الفيزياء اللاخطية الحديثة. فهل نستطيع أن نستنتج أن الفلسفة واللاهوت الشرقيين كانا متفوقين على نظيريهما الغربيين؟ بالتأكيد كلا. إننا الآن نقدر أن التقدم العلمي يتطلب كلا الطريقتين: التحليلية والتقديسية. فالأمر ليس مسألة أن أحدهما صحيح والآخر خاطئ، كما يود بعض الناس أن يؤكدوا، بل الحاجة إلى طريقتين تكامليتين لدراسة الظواهر الفيزيائية. الأمر المهم هو أن الطريقة التحليلية تعمل في جميع المجالات. فلماذا العالم مركب بطريقة نستطيع أن نعرف شيئاً دون معرفة كل شيء؟ فهذا موضوع سوف أتابعه في الفصل السادس.

الشيفرة الكونية

لقد جلب نهوض العلم وعصر العقل معه فكرة نظام خفي في الطبيعة، الذي كان رياضياً في الشكل، وبالإمكان الكشف عنه من خلال دراسة دقيقة. بينما في اعتبارات أولية لسبب ونتيجة، وعلاقات مباشرة ظاهرة للحواس مباشرة، فإن قوانين الطبيعة التي اكتشفها العلم تكون أكثر غموضاً ودقة. فعلى سبيل المثال، يستطيع أي امرئ أن يرى أن التفاحة تسقط، لكن قانون المربع المقلوب في الجاذبية لنيوتن يتطلب قياساً منهجياً خاصاً قبل أن يتبدى. كما أنه يطالب بنوع من إطار نظري صرف ذي طبيعة رياضية بكل وضوح كسياق لتلك القياسات. فالبيانات الخام التي تجمعها حواسنا لا تكون مفهومة مباشرة كما هي، ولكي نقيم علاقة فإننا ننسجها في إطار من الفهم يتطلب خطوة وسيطة، خطوة نسميها نظرية. إن نظرية كهذه هي دقيقة ورياضية، وبالإمكان التعبير عنها بالقول:

إن قوانين الطبيعة مشفرة. أما عمل العالم فهو أن يفك هذه الشيفرة الكونية، وبالتالي، يكشف أسرار الكون. هاينس باغلز Pagels يعبر عن هذا الأمر في كتابه / الشيفرة الكونية/ كما يلي: على الرغم من أن فكرة وجود نظام للكون تحكمه قوانين طبيعية، قوانين ليست ظاهرة لأحاسيسنا مباشرة، هي فكرة قديمة جداً. ففي السنوات الثلاثمائة الأخيرة قد اكتشفنا طريقة لإماطة اللثام عن النظام الخفي، إنها الطريقة العلمية التجريبية. هذه الطريقة قوية جداً لدرجة أن ـ في نهاية المطاف ـ كل ما يعرفه العلماء عن العالم الطبيعي يأتي منها. إن ما يجدونه هو أن هندسة الكون المعمارية مبنية فعلاً وفقاً للقواعد الكونية اللامرئية: أي الشيفرة، شيفرة الإله الصانع البانية(٧).

فكما شرحت في الفصل الأول، تصور أفلاطون حِرفياً رحيماً أسماه الإله الصانع الذي بنى الكون مستخدماً مبادئ رياضية قائمة على أشكال هندسية متناغمة. هذه

المملكة المجردة للأشكال Forms الأفلاطونية كانت مرتبطة بعالم التجارب الحسية اليومية بكيان معقد دقيق أسماه أفلاطون روح العالم. ويشبه الفيلسوف ولتر مايرشتاين روح العالم الأفلاطوني بالمفهوم الحديث للنظرية الرياضية، لأنها الشيء الذي يربط تجاربنا الحسية بالمبادئ التي بني عليها الكون، وتمدنا بما نسميه الفهم(٨). وفي الحقبة الحديثة أكد آينشتاين أيضاً على أن ملاحظاتنا المباشرة للأحداث في العالم ليست ـ عموماً ـ مفهومة، لكن يجب ربطها بطبقة من نظرية كامنة. ففي رسالة إلى م. سولوفين Solovine بتاريخ ٧ أيار ١٩٥٢ كتب آينشتاين عن «العلاقة الإشكالية دائماً بين عالم الأفكار وذلك الذي بالإمكان تجربته». ويؤكد آينشتاين على أن هناك «لا طريق منطقي» بين المفاهيم النظرية وملاحظاتنا. إحداها تجلب في توافق مع الأخرى عن طريق أسلوب منطقي جداً (حدسي)(٩).

باستخدام استعارة حاسوبية، يمكننا القول إن قوانين الطبيعة تشفر رسالة. ونحن المتلقين لتلك الرسالة المنقولة إلينا عبر القناة التي نسميها نظرية علمية. فبالنسبة لأفلاطون وآخرين من بعده، مرسل هذه الرسالة هو الإله الصانع. وكما سنرى في الفصول التالية، بالإمكان أن نمثل جميع المعلومات حول العالم من حيث المبدأ في شكل حسابي ثنائي (آحاد وأصفار)، لأنه الشكل الأكثر ملاءمة لمعالجة حاسوبية. يزعم مايرشتاين «أن بالإمكان تشبيه الكون كخيط طويل من أصفار ووحدات، وهدف البحث العلمي لا شيء آخر سوى محاولة فك شيفرة هذا التسلسل، ومحاولة الفهم لجعل هذه الرسالة ذات معنى. فماذا يمكننا أن نقول حول طبيعة الرسالة؟ بكل وضوح إذا كانت الرسالة مشفرة، فإن هذا يفترض مسبقاً وجود نموذج ما من بنية في ترتيب الأصفار والواحدات في الخيط، عشوائي تماماً، يجب أخذه بعين الاعتبار، وإلا لن يكون بالإمكان فك شيفرته»(١٠). لذلك فإن حقيقة أن هناك كوناً بدلاً من عماء ملتزم بالخصائص المنمذجة لهذا الخيط من الواحدات. في الفصل السادس سوف أدقق أكثر في الطبيعة الدقيقة لهذه الخصائص.

مكانة القوانين في أيامنا

يود أناس كثيرون ـ من بينهم العلماء ـ أن يعتقدوا أن الشيفرة الكونية تحتوي رسالة حقيقية من مُشّفِّر Encoder، ويعتقدون أن وجود الشيفرة هو دليل على وجوده، وأن محتوى الرسالة يخبرنا شيئاً عنه. بينما لا يجد علماء آخرون من بينهم باغلز دليلاً على مُشَفِّر على الإطلاق: «إحدى السمات الغريبة للشيفرة الكونية هي أن الإله الصانع قد كتب نفسه خارج الشيفرة، رسالة غريبة دون دليل على شيء غريب». ولهذا السبب أصبحت قوانين الطبيعة رسالة دون مرسل، وهذا لا يزعج باغلز «ما إذا كان الله هو الرسالة، أم أنه كاتب الرسالة، أم إذا كانت الرسالة كتبت نفسها، فهذا ليس بذي أهمية لحيواتنا. بوسعنا إسقاط فكرة الإله الصانع بكل أمان، لأنه ليس هناك دليل علمي على خالق للعالم الطبيعي، ولا دليل على إرادة أو هدف في الطبيعة التي تسير وفق قوانين الطبيعة المعروفة»(١).

فطالما أن قوانين الطبيعة تستمد جذورها من الله، فإن وجودها لم يكن أكثر أهمية من أهمية المادة التي خلقها الله أيضاً. لكن إذا ما تمت إزاحة الأسس الإلهية للقوانين فإن وجودها يصبح سراً عميقاً. فمن أين يا ترى تأتي القوانين؟ ومن أرسل الرسالة؟ ومن صمم الشيفرة؟ فهل القوانين موجودة هناك بكل بساطة عائمة حرة ـ إذا أمكن القول ـ؟ أم هل علينا أن نتخلى عن فكرة قوانين الطبيعة كبقية غير ضرورية من ماضٍ ديني؟

فلكي نحصل على معالجة لهذه القضايا العميقة، دعنا أولاً نلقي نظرة إلى ما يعنيه عالم بالقوانين. فكل امرئ يوافق على أن أفعال الطبيعة تظهر انتظامات مذهلة، فمدارات الكواكب ـ على سبيل المثال ـ توصف في أشكال هندسية بسيطة، وتوضح حركاتها إيقاعات رياضية واضحة. كما توجد نماذج وإيقاعات أيضاً ضمن الذرات ومكوناتها. فحتى البنى اليومية كالجسور والآلات تسلك عادة طريقة منتظمة ومتوقعة.

بناءً على هذه الخبرات يستخدم العلماء المحاكمة الاستقرائية التي ليس لها أمان مطلق. إذ ليس هناك ضمان أن الشمس سوف تشرق غداً لأنها أشرقت كل يوم مضى من حياتك. والاعتقاد أنها سوف تشرق غداً هو فعل إيماني، على الرغم من أن هناك انتظامات في الطبيعة يمكن الركون إليها. لكن لا يمكن الاستغناء عن هذا الإيمان من أجل تقدم العلم.

من الأهمية بمكان أن نفهم أن انتظامات الطبيعة هي حقيقة. ويجادل البعض أحياناً أن قوانين الطبيعة التي هي محاولات للإمساك بتلك الانتظامات بشكل منهجي، تفرضها عقولنا على العالم كي نفهمها. بكل تأكيد، لدى العقل البشري ميل إلى تحديد نماذج، وإلى أن يتخيلها حتى حيث لا توجد نماذج. لقد رأى أسلافنا الآلهة والحيوانات وسط النجوم، وابتكروا كوكباتها. ونحن جميعاً نبحث عن وجوه في الغيوم، والصخور، وفي ألسنة اللهب. مع ذلك، إنني أعتقد أن أي اقتراح بأن قوانين الطبيعة هي إسقاطات مشابهة من قبل العقل البشري هو أمر سخيف. إن وجود الانتظامات في الطبيعة هو حقيقة رياضية موضوعية. ومن ناحية ثانية، ما نسميه القوانين الموجودة في الكتب المدرسية هي بكل وضوح ابتكارات بشرية، لكنها ابتكارات مُصمَّمة كي تعكس الخصائص الطبيعية الموجودة فعلياً. وبدون هذا الافتراض أن الانتظامات هي حقيقية، فإن العلم يهبط ليصبح لغزاً لا معنى له.

السبب الآخر الذي يدعوني ألا أعتقد أن قوانين الطبيعة هي من صنعنا نحن بكل بساطة هو أنها تساعدنا في الكشف عن أشياء جديدة في العالم، أشياء لم نكن نتوقعها أحياناً. إن القانون القوي يمضي إلى ما هو أكثر من وصف أمين للظاهرة الأصلية التي تم استحضارها كي يفسرها القانون، وكذلك العلاقات مع الظواهر الأخرى أيضاً. فعلى سبيل المثال، قانون نيوتن في الجاذبية يقدم عرضاً دقيقاً لحركة الكواكب، لكنه يفسر أيضاً حركة المد والجزر البحري، وشكل الأرض، وحركة المركبة الفضائية، وأشياء أخرى كثيرة. كما مضت نظرية المغناطيس الكهربائي لماكسويل أبعد كثيراً خلف وصف الكهرباء والمغناطيسية، وذلك بتفسير طبيعة الموجات الضوئية، وتوقع وجود الأمواج اللاسلكية. القوانين الأساسية للطبيعة ترسي علاقات عميقة بين العمليات الفيزيائية المختلفة. ويبين تاريخ العلم أن ـ بعد أن يتم قبول قانون جديد ـ يتم تنفيذ نتائجه بسرعة، ويجرب القانون في سياقات جديدة كثيرة، وغالباً ما تؤدي إلى اكتشاف جديد

غير متوقع، وإلى ظواهر هامة. يقودني هذا إلى الاعتقاد أن بتطبيق العلم فإننا نكتشف انتظامات وروابط حقيقية، وأننا نقرأ هذه الانتظامات من الطبيعة ولا نكتبها في الطبيعة.

حتى إذا كنا لا نعرف ما هي قوانين الطبيعة، أو من أين تأتي، فإن باستطاعتنا أن نعدد خواصها. وما يدعو للغرابة، فقد تم استثمار القوانين ومنحها مزايا عديدة كانت تعزى رسمياً إلى الله الذي كان يعتقد فيما سبق أنها تأتي منه. فقبل كل شيء، القوانين كونية، والقانون الذي يعمل أحياناً فقط أو في مكان واحد وليس في مكان آخر ليس قانوناً جيداً، فالقوانين تطبيق في كل مكان من الكون، وفي جميع فترات التاريخ الكوني. ولا تسمح باستثناءات، وبهذا المعنى فإنها تامة.

ثانياً: القوانين مطلقة، إنها لا تعتمد على أي شيء آخر، وبشكل خاص لا تعتمد على من يلاحظ الطبيعة، أو على حالة العالم الفعلية. فالحالات الفيزيائية تتأثر بالقوانين لكن العكس لا يصح. وهناك عنصر أساسي في النظرة العالمية العلمية هو فصل القوانين التي تحكم نظاماً فيزيائياً عن حالات ذلك النظام. فعندما يتحدث عالم عن «حالة» نظام ما، فإنه يعني الشرط الفيزيائي الفعلي الذي يكون فيه النظام في لحظة ما. فلوصف حالة عليك أن تقدم قيماً لجميع الكميات الفيزيائية التي تسم ذلك النظام. فعلى سبيل المثال، حالة غازما، يمكننا أن نحددها بإعطاء درجة حرارته، والضغط، والتركيب الكيميائي، وهلم جرا، هذا إذا كنت مهتماً بسماته الكلية فقط. فتحديد تام لحالة الغاز سيعني تقديم تفاصيل عن مواقع وحركات جميع الجزيئات المكونة له. فالحالة ليست شيئاً ثابتاً، ومعطى من الله، بل تتغير مع الزمن. وبالمقابل، فالقوانين التي تقيم علاقات بين الحالات في لحظات تالية لا تتغير مع الزمن.

نصل الآن إلى خاصية ثالثة أكثر أهمية من بين خصائص قوانين الطبيعة: إنها أبدية. الطابع الأبدي اللازمني للقوانين ينعكس في البنى الرياضية المستخدمة لنمذجة العالم الفيزيائي. ففي الميكانيك الكلاسيكي ـ على سبيل المثال ـ نجد أن قوانين الحركة مجسدة في موضوع رياضي يدعىHamiltonian الذي يعمل في ما يدعى «الطور المكاني»، فهذه بنى رياضية تقنية، وتعريفها ليس هاماً. فما هو هام هو أن كِلا نوعي الميكانيك ثابتان. ومن ناحية ثانية حالة النظام الممثلة بنقطة في الطور المكاني»، وهذه النقطة تتحرك مع الزمن ممثلة تغيرات حالة تحدث بينما يتطور النظام. إلا أن الحقيقة

الأساسية هي أن الهاملتنونية والطور المكاني مستقلان عن حركة النقطة الممثلة. رابعاً: القوانين كلية القدرة، وأعني بهذا أن لا شيء يهرب منها، إنها كلية القدرة. إنها ـ أيضاً ـ وبمعنى فضفاض ـ عالمة بكل شيء. فإذا ما مضينا مع القول إن القوانين متحكمة بالأنظمة الفيزيائية، إذن ليس لزاماً على الأنظمة أن «تخبر» القوانين عن حالاتها بشكل دوري، لأن القوانين كي «تشرع التعليمات الصحيحة لتلك الحالة».

كل ما ذكرته متفق عليه عموماً ـ بخصوص القوانين. لكن عندما ننظر في مكانة القوانين يظهر انقسام. فهل ينبغي أن نعتبر القوانين اكتشافات عن الواقع، أم أنها مجرد ابتكارات ذكية قام بها العلماء؟ فهل قانون المربع المقلوب لنيوتن في الجاذبية هو اكتشاف عن العالم الواقعي، تصادف أن نيوتن قام به، أم هل هو ابتكار أحرزه نيوتن، في محاولة لوصف الانتظامات الملحوظة؟ لنطرح الأمر بشكل مختلف: هل كشف نيوتن شيئاً ما حقيقي وبطريقة موضوعية عن العالم، أم أنه ابتكر فقط نموذجاً رياضياً لجزء من العالم الذي يعد هذا النموذج مفيد في وصفه؟

اللغة المستخدمة لمناقشة عملية قوانين نيوتن تعكس انحيازاً قوياً لصالح الموقف الأول، فالفيزيائيون يتحدثون عن كواكب «مطيعة» لقوانين نيوتن، وكأنما كوكب ما كان متمرداً فطرياً سوف يجري مستقلاً، وكأنه ليس خاضعاً للقوانين. فهذا يعطي انطباعاً أن القوانين هي ـ بطريقة ما ـ «موجودة هناك» في حالة انتظار، مستعدة لتتدخل في حركات الكواكب كلما وحيثما تحدث. الضعف في هذا الوصف هو أن من السهل أن ننسب مكانة مستقلة إلى القوانين. فإذا اعتبرنا أن للقوانين مكانة، فسيقال إن القوانين متعالية، لأنها تتعالى على العالم الفيزيائي ذاته، لكن هل هذا مبرر فعلاً؟

كيف يستطيع وجود القوانين المتعالية المنفصلة أن يترسخ؟ فإن تفصح القوانين عن نفسها من خلال الأنظمة الفيزيائية فقط ـ في الطريقة التي تسلكها الأنظمة الفيزيائية ـ فإننا لن نستطيع أبداً أن نصل «خلف» مادة الكون إلى القوانين. فالقوانين موجودة في سلوك الأشياء الفيزيائية، فنحن نلاحظ الأشياء، وليس القوانين. لكن إذا كنا لا نستطيع أن نقبض على القوانين إلا من خلال تبديها في الظواهر الفيزيائية فبأي حق ننسب إليها وجوداً مستقلاً؟

هناك تشابه مفيد موجود في مفاهيم الهاردوير والسوفت وير في الحاسبات.

فقوانين الفيزياء مماثلة للسوفت وير، والحالات الفيزياء مماثلة للهاردوير. (وهذا يوسع استخدام كلمة Hard أي صلب، قاسي) كثيراً، كما هو متضمن في تعريف الكون الفيزيائي بمجالات الكوانتم السديمية، وحتى الزمان ـ المكان ذاته. بالإمكان قول القضية السابقة كما يلي: هل هناك وجود مستقل «للـ سوفت وير كوني» أي برنامج حاسوبي للكون يضم جميع القوانين الضرورية؟ وهل باستطاعة هذا السوفت وير أن يوجد دون الهارد وير؟

لقد عبرت سابقاً عن قناعتي بأن قوانين الطبيعة هي حقائق موضوعية واقعية عن الكون، وأننا نكتشفها بدلاً من أن نخترعها. لكن جميع القوانين الأساسية توجد لتكون في شكل رياضي. فلماذا ينبغي أن يكون هذا هو موضوع دقيق ومهم يتطلب بحثاً في الرياضيات. سوف أتناول هذا الموضوع في الفصول التالية.

ما الذي يعنيه ـ بالنسبة لشيء ما ـ أن يوجد؟

إذا كان الواقع الفيزيائي مبني على قوانين الفيزياء ـ بطريقة ما، إذن فإن هذه القوانين لابد أن لها وجوداً مستقلاً بمعنى من المعاني، فأي شكل من الوجود يمكننا أن ننسب إلى شيء مجرد جداً وسديمي كأحد قوانين الطبيعة؟

دعني أبدأ بشيء ملموس كالإسمنت مثلاً. إننا نعرف أنه موجود لأننا نركله (حسب كلمات الدكتور جونسون الشهيرة)، ونستطيع أن نراه، ويمكننا أن نشمه: الإسمنت يؤثر مباشرة على حواسنا. لكن في كتلة الإسمنت ما هو أكثر من الإحساس، والنظر، والشم، يفوتنا أيضاً أن وجود الإسمنت شيء مستقل عن حواسنا. إنه موجود هناك، وسوف يستمر في وجوده حتى عندما لا نلمسه أو نراه أو نشمه. فهذا بالطبع فرضية لكنها معقولة. فما يحدث فعلاً ـ وبعد فحص متكرر ـ نتلقى معلومات حسية مماثلة. فالعلاقة بين المعلومات الحسية المتلقاة بعد مناسبات متكررة تمكننا من إدراك كتلة الإسمنت، وبالتالي التعرف عليه. بعد ذلك من الأسهل أن نصنع نموذجاً من الواقع على أساس أن الإسمنت له وجود مستقل أكثر من أن نفترض أنه يتلاشى عندما ننظر بعيداً، ويظهر ثانية في كل مرة ننظر فيها إليه.

كل هذا يبدو غير مثير للجدل. لكن ليس جميع الأشياء التي يقال عنها إنها موجودة هي ملموسة مثل الإسمنت. فماذا عن الذرات مثلاً؟ إنها صغيرة جداً، ولا يمكن رؤيتها أو لمسها، أو الإحساس بها مباشرة بأي شكل من الأشكال. ومعرفتنا لها تأتي بشكل غير مباشر، عبر معدات وسيطة، كما أن البيانات التي تأتي منها يجب أن تعالج وتفسر. ميكانيك الكوانتم يجعل الأمر أكثر سوءاً. إذ ليس ممكناً ـ مثلاً ـ أن ننسب مكاناً محدداً أو حركة محددة إلى ذرة ما في الوقت ذاته. فالذرات، والجزيئات ما دون الذرية تسكن عالماً ظلياً ذا نصف وجود.

إذا ما يزال هناك كيانات مجردة أكثر كالمجالات مثلاً. مجال الجاذبية لجسم ما موجود، لكنك لا تستطيع أن تركله، ناهيك عن أن تراه أو تشمه. مجالات الكونتم ماتزال سديمية مبهمة مكونة من نماذج رجراجة ذات طاقة غير مرئية. لكن وجوداً أقل من ملموس ليس هو بقاء الفيزياء. فحتى في حياتنا اليومية، فإننا نستخدم مفاهيم مثل «مواطنية» أو «الإفلاس» ونعدها حقيقية تماماً على الرغم من أننا لا يمكننا لمسها أو رؤيتها. ومثال آخر هو المعلومات التي لا نستطيع أن نحسها بشكل مباشر، إلا أنها لا تلغي أهميتها الفعلية في حياتنا وفي (تقانة المعلومات) التي تختزن فيها المعلومات وتعالج. وتنطبق معلومات مماثلة على مفهوم وهندسة السوفت وير في علم الحاسبات. بالطبع، قد نكون قادرين أن نرى أو نلمس الوسيط لتخزين المعلومات، كقرص الحاسب أو الشريحة الدقيقة، لكننا لا نستطيع أن ندرك مباشرة المعلومات التي عليها.

إذن هناك عالم الظواهر الذاتية كله، مثل صور الأحلام. فأشياء الحالم تتمتع ـ دون شك ـ بنوع من الوجود (على الأقل بالنسبة للحالم)، لكنها ذات طبيعة أقل من كتلة من الإسمنت. أما بالنسبة للأفكار، والعواطف، والذكريات، والأحاسيس، فلا يمكن استبعادها على أنها غير موجودة، مع أن طبيعة وجودها مختلفة عن أشياء العالم الموضوعي. فالعقل مثل السوفت وير للحاسوب، أو مثل الروح، قد يعتمد في تمظهره على شيء ما ملموس ـ هو الدماغ في هذه الحال ـ لكن ذلك لا يجعله ملموساً.

وهناك أيضاً طائفة من الأشياء التي توصف عموماً أنها ثقافية مثل الموسيقى والأدب، وجود سيمفونيات بيتهوفن، أو مؤلفات ديكنز، لا يمكن مساواتها وبكل بساطة مع وجود المخطوطات التي كتبت عليها. ولا يمكن تعريف الدين أو السياسة من خلال الشعب الذي يمارسهما فقط. فجميع هذه الأشياء توجد فيما هو أقل من ملموس مع ذلك تنطوي على معنى مهم.

وأخيراً هناك عالم الرياضيات والمنطق اللذان يحظيان باهتمام مركزي في العلم. فما هي طبيعة وجودهما؟ فعندما نقول أن هناك نظرية ما حول الأعداد الأولية مثلاً، فإننا لا نعني أن بالإمكان أن نركل النظرية مثلما نركل كتلة الإسمنت. مع ذلك ما من أحد ينكر أن الرياضيات لها وجود من نوع ما مع أنها تجريدية.

السؤال الذي يواجهنا هو ما إذا كان لقوانين الفيزياء وجود متعالٍ. ويعتقد فيزيائيون كثيرون أن الأمر كذلك. إنهم يتحدثون عن اكتشاف قوانين الفيزياء وكأنما

هذه القوانين كانت موجودة هناك في مكان ما، إن ما نسميه اليوم قوانين الفيزياء هي فقط مقاربة تجريبية لمجموعة فريدة من قوانين (حقيقية)، لكن الاعتقاد هو بينما يتقدم العلم فهذه المقاربات تصبح أفضل فأفضل، على أمل أن يكون لدينا ـ ذات يوم ـ مجموعة من القوانين (الصحيحة). وعندما يحدث هذا ستكون علوم الفيزياء النظرية تامة. كان الأمل بأن ذروة كهذه تقع في المستقبل غير البعيد جداً، مما حرض هاوكنيغ كي يعنون محاضرته التي ألقاها لتدشين Lucasian في جامعة كامبريدج «هل النهاية عند مرمى البصر بالنسبة للفيزياء النظرية؟».

لا يشعر جميع الفيزيائيين النظريين بالارتياح الكثير تجاه فكرة قوانين متعالية. لقد أشار جيمس هارتل أن العلماء، مثل علماء الرياضيات ينطلقون كأنما حقائق موضوعاتهم لها وجود مستقل.... وكأنما هناك مجموعة واحدة من القوانين التي عليها يسير الكون بكل واقعية بمعزل عن هذا العالم الذي تحكمه. إن تاريخ العلم حافل بأمثلة عما كان يعد ذات يوم حقائق أساسية لا يمكن الاستغناء عنها، اتضح أنها كانت خاصة، ويمكن الاستغناء عنها. لقد عدت الأرض مركز الكون، وبقيت كذلك طوال قرون دون تساؤل حتى اكتشفنا أن الكون كان يبدو كذلك بناءاً على موقعنا على سطحه.

فالخطوط والزوايا في مكان ثلاثي الأبعاد تطيع قوانين هندسة إقليدس التي كان الناس يعتقدون أيضاً أنها أساسية وحقيقية لا يمكن الاستغناء عنها، لكن اتضح فيما بعد أنها خاضعة لحقيقة أننا نعيش في منطقة من المكان والزمان فيها الجاذبية ضعيفة نسبياً لدرجة أن تحدب المكان مضى دون أن نلحظه لمدة طويلة. فكم من الملامح الأخرى من ملامح العالم ـ يتساءل هارتل ـ كانت كذلك تابعة لمنظورنا الخاص تجاه العالم، وليس نتيجة حقيقية متعالية عميقة؟ إن فصل الطبيعة إلى (العالم) و (القوانين) سمة لا يمكن الاستغناء عنها.

وفقاً لهذا المنظور، لا توجد مجموعة فريدة من قوانين يتحول العلم باتجاهها. إذ لا يمكن فصل نظرياتنا والقوانين المحتواة داخلها عن الظروف التي نجد فيها أنفسنا. وهذه الظروف تشمل ثقافتنا وتاريخ نشوئنا، والمعلومات الدقيقة التي جمعناها عن العالم. فحضارة غريبة ذات تاريخ نشوء وثقافة وعلم مختلفة قد تشيّد قوانين مختلفة جداً. يوضح هارتل أن بالإمكان مناسبة قوانين كثيرة مختلفة مع مجموعة بيانات معطاة، وأننا لا نستطيع أبداً أن نكون متأكدين من أننا قد حصلنا على مجموعة القوانين الصحيحة.

في البداية

أمر مهم أن ندرك أن القوانين بذاتها لا تصف العالم تماماً، فالهدف الكلي من صياغتنا للقوانين هو ربط أحداث فيزيائية مختلفة. فإذا ما رميت كرة في الهواء فإنها سوف تتبع مسار قطع مكافئ، إلا أن هناك قطوعاً مكافئة كثيرة، بعضها طويل وقليل السماكة، وأخرى منخفضة وضحلة. فالقطع المكافئ المحدد الذي تتبعه كرة يعتمد على السرعة وعلى زاوية الإسقاط، وهما ما نسميهما (الشروط البدئية). إن قانون القطع المكافئ والشروط البدئية هي التي تحدد مسار الكرة.

فالقوانين ـ إذن ـ هي أقوال حول نوع من الظواهر، والشروط البدئية هي أقوال حول أنظمة محددة. فلكي يقوم عالم الفيزياء بتجربة فإنه يختار ـ غالباً ـ أو يفترض شروط بدئية محددة. فعلى سبيل المثال، في تجربة غاليلو الشهيرة على سقوط الأجسام، حرر غاليلو كتلتين غير متساويتين حجماً في وقت واحد، كي يبرهن أنهما سوف تصدمان الأرض في الوقت ذاته. بالمقابل لا يستطيع العالم أن يختار القوانين (لأنها معطى إلهي)، وهذه الحقيقة تضع القوانين بمكان أعلى بكثير من الشروط البدئية التي تعتبر عرضية وتفاصيل قابلة للتعديل، بينما القوانين أساسية وأبدية ومطلقة.

في العالم الطبيعي خارج سيطرة المجرب، تقدم الشروط الأولية إلينا من قبل الطبيعة. فحبة البرد التي تضرب الأرض لم يكن يسقطها غاليلو بطريقة مقررة من قبل، بل كانت نتيجة عمليات فيزيائية في طبقات الجو العليا. وعندما يدخل شهاب إلى النظام الشمسي من الخارج وفق مسار محدد، فإن ذلك المسار يتوقف على العمليات الفيزيائية لأصل الشهاب. بكلمات أخرى الشروط الأولية المنتمية إلى نظام بالإمكان إرجاعها إلى بيئة أوسع. فلماذا تسقط حبة البرد من تلك النقطة المحددة في الجو؟ ولماذا تكون الغيوم هناك بدلاً من أن تكون في مكان آخر؟ الخ......

من السهل أن نرى شبكة العلاقات السببية المتداخلة تنتشر خارجاً بسرعة كبيرة حتى توجه الكون كله. وماذا إذن؟ مسألة الشروط الأولية الكونية تقودنا عائدين إلى الانفجار الكبير إلى أصل الكون الفيزيائي. فهنا، تتغير قوانين اللعبة بسرعة مفاجئة، بينما من أجل نظام فيزيائي محدد تكون الشروط الأولية سمة عريضة لدرجة أنه بالإمكان شرحها بالتوجه إلى البيئة الأوسع في لحظة مبكرة أكثر. فعندما نأتي إلى الشروط الأولية، فليس هناك بيئة أوسع، ولا لحظة مبكرة أكثر، فالشروط الأولية الكونية وما هو معطى مثل قوانين الفيزياء تماماً.

ينظر معظم الفيزيائيون إلى الشروط الأولية الكونية على أنها تقع خارج مدى العالِم تماماً. مثلها مثل القوانين، ويجب قبولها كحقائق صرفة. وتلك التي لها إطار عقلي ديني تتوجه إلى الله لتفسيرها. ويبدي الملحدون ميلاً لعدها عشوائية أو اعتباطية. فوظيفة العالم هي أن يفسر العالم قدر المستطاع دون التوجه إلى شروط أولية خاصة. وإذا كان هناك إحدى ملامح الكون فبالإمكان التصدي له عن طريق الافتراض أن الكون بدأ بطريقة ما، وفي هذه الحالة لم يقدم أي تفسير حقيقي على الإطلاق. فالمرء يقول إن العالم هو كما هو، لأنه كان بالكيفية التي كانها في الماضي. فالحافز هو لصياغة نظريات الكون لا تعتمد بحساسية بالغة على الشروط الأولية.

يقدم الترموديناميك دليلاً على كيفية انجاز ذلك. فإذا ما أعطيت فنجاناً من الماء الساخن فإنني أعرف أنه سيكون بارداً في اليوم التالي. وإذا ما أعطيت فنجاناً من الماء البارد، لا أستطيع أن أقول أنه كان ساخناً في اليوم السابق أم لا، أو كم كان ساخناً، أو إذا كان ساخناً على الإطلاق. قد يقول المرء إن تفاصيل التاريخ الحراري للماء من ضمن شروطه الأولية ملغاة من خلال عمليات الترموديناميك التي تجلبه إلى حالة توازن حراري مع بيئته. لقد جادل الكوسمولوجيون أن عمليات مماثلة ربما ألغت تفاصيل الشروط الأولية. عندئذ سيكون من المحال أن نستنتج كيف بدأ الكون من خلال معرفة ما يشبه الكون اليوم.

دعني أعطي مثالاً: الكون يتمدد اليوم بنفس المعدل في كل اتجاه. فهل هذا يعني أن الانفجار الكبير كان خاصية ثابتةIsotropic؟ كلا ليس بالضرورة. فقد تكون الحالة أن الكون بدأ بالتمدد بطريقة فوضوية بمعدلات مختلفة في اتجاهات مختلفة، وأن هذه

الفوضى قد تم تليينها من خلال عمليات فيزيائية. فعلى سبيل المثال، باستطاعة تأثيرات الاحتكاك أن تفعل لفرملة الحركة في اتجاهات تمدد سريع. بالمقابل، وفقاً لسيناريو كوني تسطيحي تقليدي ـ ناقشناه في الفصل الثاني بإيجاز ـ مر الكون بطور من تمدد متسارع، امتدت فيه جميع الانتظامات البدئية خارج الوجود. فكانت النتيجة النهائية كوناً ذا درجة عالية من اتساق مكاني ونموذج ناعم من التمدد.

ينجذب علماء كثيرون إلى فكرة أن حالة الكون الذي نراه اليوم هي ـ نسبياً ـ غير حساسة للطريقة التي بدأ بها الانفجار الكبير. دون شك ـ يعود هذا ـ جزئياً ـ إلى رد فعل على نظريات دينية ذات خلق خاص، لكنه أيضاً لأن الفكرة تستبعد الحاجة لأن نقلق على حالة الكون في مراحله المبكرة جداً، أي عندما كانت ـ من المحتمل ـ الشروط الفيزيائية متطرفة. من ناحية ثانية، الشروط البدئية لا يمكن تجاهلها أبداً. نستطيع أن نتخيل كوناً من نفس عمر كوننا لكنه ذو شكل مختلف جداً، ثم نتصوره متطوراً إلى الخلف في الزمن بما يتفق مع قوانين الفيزياء إلى أصل انفجار كبير. عند ذلك سنكتشف حالة بدئية أدت إلى نشوء ذلك الكون المختلف.

فمهما تكن الشروط البدئية التي أدت إلى نشوء كوننا فإن باستطاعة المرء أن يسأل لماذا تلك الشروط؟ أما وقد أعطيت التنوع اللامتناهي من الطرق التي فيها كان باستطاعة الكون أن يبدأ بها، فلماذا بدأ بالطريقة التي بدأ بها؟ فهل كان هناك شيء ما خاص، حول تلك الشروط البدئية المحددة؟ من المغري أن نفترض أن الشروط البدئية لم تكن عشوائية، بل ملتزمة بمبدأ ما أساسي. في نهاية المطاف، يتم قبول أن قوانين الفيزياء ليست عشوائية، بل بالإمكان توضيبها في علاقات رياضية ذكية. أليس ممكناً أن يوجد قانون رياضي شروطه بدئية أيضاً؟

لقد طور عدد من واضعي النظريات هذا المقترح. لقد قال روجر بينروس ـ على سبيل المثال ـ إذا كانت الشروط البدئية قد اختيرت عشوائياً، فمن المرجح جداً أن الكون الناتج سيكون غير منتظم جداً، وفيه ثقوب سوداء كبيرة بدلاً من مادة موزعة بطريقة ناعمة نسبياً. كون ناعم مثل كوننا يتطلب بعض إيقاع عذب رقيق بشكل غير معتاد عند البداية، بحيث أن جميع مناطق الكون تتمدد بكل دقة وانتظام. مستخدماً تشبيه الخالق ومع «لائحة تسوق» لا حدود لها من شروط بدئية ممكنة، يوضح لنا

بينروس أن الخالق سيكون بحاجة لأن يقرأ القائمة كلها قبل إيجاد مخرج يفضي إلى كون مثل كوننا. والتثبيت بدبوس بشكل اعتباطي سيكون استراتيجية فشلها مؤكد. «دون تمني تشويه سمعة قدرات الخالق في هذا الخصوص، فإنني أصر على إحدى واجبات العلم هو البحث عن قوانين فيزيائية تفسر ـ أو على الأقل ـ تصف بطريقة متسقة متماسكة طبيعة الدقة الظاهراتية التي نلحظها ـ غالباً ـ في أفعال العالم الطبيعي.. لذلك فإننا نحتاج إلى قانون فيزيائي كي يفسر خصوصية الحالة البدئية»(١٣). والقانون الذي يقترحه بينروس هو أن الحالة البدئية للكون كانت مجبرة أن تمتلك نموذجاً محدداً من الليونة منذ البداية تماماً، ودون أية حاجة لتسطح أو عمليات تليين أخرى. أما التفاصيل الرياضية فلا داعي لأن تقلقنا.

لقد ناقش هارتل وهاوكينغ مقترحاً آخر في سياق نظريتيهما الكوسمولوجية الكمومية. ففي الفصل الثاني ذكرت أنه ليست هناك «لحظة أولى» محددة في هذه النظرية، ولا حدث خلق. لقد تم إلغاء مشكلة الشروط البدئية الكونية من خلال إلغاء الحدث البدئي تماماً. لكن لإنجاز هذه النهاية يجب أن تُحدّد تماماً حالة الكوانتم الكونية، ليس فقط عند البداية، بل أيضاً في جميع الأزمنة. يقدم هارتل وهاوكينغ معادلة رياضية محددة لهذا التحديد الذي يلعب دور «قوانين للشروط البدئية».

من الأهمية بمكان أن ندرك أن قانون شروط بدئية لا يمكن البرهنة على صحته أو خطأه، أو أن نستمده من قوانين فيزيائية موجودة. تكمن جدوى أي قانون كهذا في قدرته على التنبؤ بنتائج قابلة للملاحظة، كما هي الحال مع جميع المقترحات العلمية. صحيح أن واضعي النظريات قد يكونون منجذبين نحو مقترح محدد على خلفية رياضية أنيقة و«طبيعية»، لكن من الصعب تسويغ جدالات فلسفية كهذه. لقد عدّل اقتراح هارتل ـ هاوكينغ ـ على سبيل المثال ـ من شكلانية جاذبية الكوانتم، ويبدو مقبولاً جداً وطبيعياً ضمن ذلك السياق. لكن لو أن علمنا تطور بشكل مختلف فلربما كان قانون هارتل ـ هاوكينغ قد ظهر عسفياً أو مستنبطاً جداً.

لسوء الحظ إن تتبع النتائج الملاحظاتية لنظرية هارتل ـ هاوكينغ أمر ليس سهلاً. ويزعم بعض العلماء أنها تتنبأ بطور تسطيحي للكون، وهذا يتوافق مع أحدث صيحة كوسمولوجية، وذات يوم قد يكون لديها شيء ما لتقوله عن البنية الواسعة النطاق

للكون، أي الطريقة التي تميل فيها المجرات إلى التجمع سوياً، على سبيل المثال. لكن يبدو أن هناك بصيص أمل بانتقاء قانون فريد بناءاً على أسباب الملاحظة. لقد جادل هارتل أن قانوناً فريداً كهذا ليس موجوداً. لكن على أية حال، اقتراح مُقدّم لانتقاء حالة كمومية للكون كله، لن يكون لديه الكثير ليقوله حول المستوى الجيد للتفاصيل، مثل وجود كوكب محدد، فطبيعة نظرية الكوانتم ذاتها تؤكد أن تفاصيل كهذه تبقى غامضة، بسبب مبدأ عدم اليقينية لهايزينبيرغ.

الفصل بين القوانين والشروط البدئية الذي شكل سمة مميزة لجميع المحاولات الماضية لتحليل أنظمة ديناميكية يدين أكثر إلى تاريخ العلم أكثر مما يدين إلى أية خاصية عميقة للعالم الطبيعي. فالكتب الدراسية تخبرنا أن في تجربة نموذجية يخلق المجرب حالة فيزيائية خاصة، ثم يراقب ما يحدث، أي كيف تتطور الحالة. يستند نجاح الطريقة العلمية على قابلية إعادة إنتاج النتائج إذا ما تكررت التجربة. إن نفس القوانين تطبق، لكن الشروط البدئية تكون تحت سيطرة المجرب. وبذلك، هناك فصل وظيفي واضح بين القوانين والشروط البدئية. لكن عندما يتعلق الأمر بالكوسمولوجيا فإن الوضع يختلف. هناك كون واحد فقط، وبالتالي فإن تجريبية متكررة أمر غير قابل للتطبيق. زد على ذلك، لم يعد لدينا سيطرة على الشروط الكونية البدئية، أكثر مما لدينا سيطرة على قوانين الفيزياء. ولذلك فإن الفارق الحاد بين قوانين الفيزياء والشروط البدئية فإنه ينهار. يقول هارتل «أليس ممكناً أن يوجد بعض المزيد من مبادئ عامة في إطار عام أكثر، الذي يحدد كلا الشروط البدئية والديناميك؟»(١٤).

أعتقد أن هذه المقترحات حول قوانين الشروط البدئية تدعم بقوة الفكرة الأفلاطونية: أن القوانين هي «خارجاً هناك» متعالية على الكون الفيزيائي. يجادل البعض أن قوانين الفيزياء أتت إلى الوجود مع الكون. فإذا كان الأمر كذلك، إذن، فإن تلك القوانين لا تستطيع أن تفسر أصل الكون، لأنها لم تكن موجودة حتى وُجد الكون. وهذا واضح جداً عندما يتعلق الأمر بقانون الشروط البدئية، لأن قانوناً كهذا يسعى ليفسر بكل دقة كيف أتى الكون إلى الوجود، وبالشكل الذي أتى به. ففي مخطط هارتل ـ هاوكينغ ليس هناك لحظة فعلية لخلق، والتي عندها يطبق قانونهما. مع ذلك إنه مايزال مقترحاً كتفسير لماذا يتخذ الكون الشكل الذي يتخذه. فإن تكن القوانين ليست متعالية، فإن المرء مجبر أن يقبل أن الكون موجود هناك كحقيقة صرفة، مثل رزمة فيها

الملامح المتنوعة الموصوفة بالقوانين المبنية فيه. لكن مع قوانين متعالية، لدى المرء البدايات لتفسير لماذا الكون هو كما هو.

فكرة قوانين فيزيائية متعالية هي المقابل الحديث لعالم أفلاطوني ذي الأشكال الكاملة التي عملت بمثابة ركائز لبناء العالم الظلي السريع الزوال في مدركاتنا. فمن الناحية العملية، قوانين الفيزياء مؤطرة كعلاقات رياضية، ولذلك، في بحثنا عن الأساس المتين للواقع علينا أن نتحول الآن إلى طبيعة الرياضيات، وإلى المشكلة القديمة، هل توجد الرياضيات في عالم أفلاطوني مستقل؟

الفصل الرابع

الرياضيات والواقع

ما من مادة توضح الانقسام بين الثقافتين ـ من ضمنهما الفنون والعلم ـ بشكل أفضل ما توضحه الرياضيات. فلامرئ من الخارج تبدو الرياضيات غريبة، وعالماً مجرداً من مصطلحات ورموز فنية مغرقة، حافلة برموز غريبة، وإجراءات مبهمة، ولغة عصية على الاختراق، وفناً أسود. بينما يراها العالم كفيلاً للدقة والموضوعية، وهي لغة الطبيعة، وهذا يدعو للاستغراب. فامرؤ لا يعرف الرياضيات لا يستطيع أن يفهم المغزى التام للترتيب الطبيعي المحاك بعمق كبير داخل نسيج الواقع الفيزيائي.

وبسبب دورها الذي لا يمكن الاستغناء عنه في العلم، فإن علماء عديدين ـ خاصة علماء الفيزياء ـ يستثمرون الواقع النهائي للعالم الفيزيائي في الرياضيات. فحسب ما يراه أحد زملائي: أن العالم لم يكن سوى قطع من الرياضيات. وهذا الأمر يبدو مذهلاً لإنسان عادي، تصوره عن الواقع مرتبط بقوة بإدراك الأشياء الفيزيائية، ونظرته إلى الرياضيات هي إعادة خلق غامض. مع ذلك هناك اتفاق عام على أن الرياضيات هي المفتاح الذي يمكّن من يدخله أن يفتح أسرار الكون.

أعداد سحرية

تذكر أن اليونان القديمة، وكذلك معظم الناس يفكرون بالهندسة. ففي أيامنا هذه يتعلم الأطفال نظريات فيثاغورث وعناصر أخرى من الهندسة الإقليدية من أجل تدريبهم على التفكير الرياضي والمنطقي. لكن بالنسبة للفلاسفة الإغريق، كانت هندستهم تمثل أكثر من مجرد تدريب ذهني. لقد سحرتهم مفاهيم العدد والشكل كثيراً

لدرجة أنهم شيدوا نظرية كاملة للكون عليها. ففي كلمات فيثاغورث: «العدد هو مقياس جميع الأشياء».

لقد عاش فيثاغورث في القرن السادس قبل الميلاد، وأسس مدرسة للفلاسفة تعرف باسم الفيثاغورثيين. وكانوا مقتنعين أن النظام الكوني مبني على علاقات عددية، وقد أسبغوا على بعض الأعداد والأشكال أهمية غامضة. كما كانوا يكنون تبجيلاً لأرقام وأشكال محددة، الأعداد الكاملة مثل العددين ٦ و٢٨ اللذين هما مجموع مكوناتهما مثلاً العدد ٦=١+٢+٣، فأقصى التقدير كان محجوزاً للعدد ١٠ الذي يُسَمي الرباعي الإلهي، لأنه ناتج عن جمع الأعداد الأولى الأربعة. وعن طريق جمع نقاط في أشكال متنوعة أنشأوا أعداداً مثلثية مثل: ١٠، ٦، ٣ وأعداد مربعة ٤، ٩، ١٦ إلخ وهلم جرا. وجُعل العدد ٤ رمز العدالة والتبادلية، معنى يحتفظ بصدى خافت في التعابير اللغوية مثل «صفقة مربعة» و«كون الجميع مربعاً». وتمثيل العدد ١٠ المثلثي كان يعد رمزاً مقدساً، ويحلف الناس به خلال طقوس الإدخال الديني.

لقد تعزز الاعتقاد الفيثاغورثي بقدرة الأعداد باكتشاف فيثاغورث لدور العدد في الموسيقى. لقد وجد أن أطوال الأوتار التي تنتج أصواتاً مرتبطة بها هارمونياً تحمل علاقات عددية بسيطة مع بعضها بعضاً. الموافق الثامن على سبيل المثال كان مقابلاً للنسبة ٢: ١. وكلمة عقلاني مشتقة من المعنى الإرشادي العظيم الذي أعطاه فيثاغورث إلى الأعداد المستمدة كنسبة من أعداد كاملة مثل ٤/٣، أو ٣/٢. وماتزال الرياضيات تطلق على أرقام كهذه أنها نسبية. ولذلك شعر الإغريق بالقلق عندما اكتشفوا أن الجذر التربيعي للعدد٢ لا يمكن التعبير عنه كنسبة أعداد كاملة. فما الذي يعنيه هذا؟ تخيل مربعاً طول كل ضلع من أضلاعه متراً واحداً. إذن ـ وفقاً لنظرية فيثاغورث ـ طول القطر بالأمتار هو الجذر التربيعي للعدد ٢. وهذا الطول هو تقريباً ٧/٥ متراً، وتقريب أفضل هو ٧٠٧/٥٠٠ متراً. لكن في حقيقة الأمر ليس هناك كسر يستطيع التعبير عنه مهما كانت صورة الكسر أو مخرجه. أعداد من هذا النوع ماتزال تسمى «لا منطقية Irrational».

لقد طبق الفيثاغورثيون علم الأعداد على الفلك، فصمموا نظاماً من تسعة أصداف كروية أحادية المركز كي تمثل الأجرام السماوية أثناء دورانها، وابتكروا «أرضاً

مقابلة» أسطورية لتشكل رباعي: العدد عشرة. هذا الربط بين الانسجام الموسيقي والفلكي تم إيجازه من خلال التأكيد على أن المجرات الفلكية تصدر موسيقى أثناء دورانها: موسيقى الأفلاك. ولقد أيد أفلاطون الأفكار الفيثاغورثية، وطور أفلاطون في كتابه تيماوس Timaeus نموذجاً لكون، عددياً وموسيقياً. ثم مضى ليطبق علم الأعداد على العناصر الإغريقية: التراب، والهواء، والنار، والماء كي يستكشف الأهمية الكونية للأشكال الهندسية المنتظمة.

تبدو المخططات الفيثاغورثية والأفلاطونية بدائية وغريبة بالنسبة لنا اليوم. على الرغم من أنني أتلقى من حين لآخر مخطوطات بالبريد تحتوي محاولات لشرح خصائص نواة الذرة، أو الجسيمات ما دون النووية، على أساس علم الأعداد الإغريقي المبكر. وبكل وضوح إنه مايزال يحتفظ بجاذبية غامضة. فالقيمة الأساسية للأنظمة العددية والهندسية ليست مدى معقوليتها بل لأنها تعامل العالم الفيزيائي كمظهر لعلاقات رياضية متوافقة، وقد بقيت هذه الفكرة الأساسية حتى الحقبة العلمية. فعلى سبيل المثال، وصف كيبلر الله على أنه عالم هندسة، وفي تحليله للنظام الشمسي كان متأثراً بعمق بما أدرك أنه المعنى الغامض للأعداد المعنية. وماتزال الفيزياء الرياضية الحديثة تحتفظ بالافتراض الإغريقي القديم بأن الكون مرتب بطريقة عقلية وفقاً لمبادئ رياضية، على الرغم من أن الفيزياء ـ الرياضية الحديثة قد جردت من جرسها الصوفي.

لقد طورت ثقافات أخرى كثيرة المخططات العددية، ونفذت إلى العلم والفن في الشرق الأدنى القديم. فالعدد ١ كان يقابل الله، المحرك الأول، كما خصص الآشوريون والبابليون أعداداً إلهية إلى أجرام فلكية: فينوس ـ مثلاً ـ كانت معروفة بالعدد ١٥، والقمر بالعدد ٣٠ كما وضع العبرانيون أهمية خاصة بالرقم ٤٠ الذي يتكرر ذكره كثيراً في الكتاب المقدس، كما أن الشيطان مرتبط بالعدد ٦٦٦، وهو عدد يحظى بقوة تأثير حتى يومنا هذا. فكما ذكر أحد الصحفيين عدل الرئيس رونالد ريغان خطابه في كاليفورنيا كي يتفادى هذا العدد. فالكتاب المقدس يحتوي على علم أعداد منسوجاً عميقاً في ثناياه، سواء في محتواه أم في تنظيم متنه. كما شيدت بعض الطوائف الدينية ـ لاحقاً ـ كالغنوصيين والقباليين تراثاً عددياً غريباً وتفصيلياً حول الكتاب المقدس. كما أن الكنيسة لم تكن منيعة عن مثل هذه التنظيرات. فأوغسطين، على وجه الخصوص ـ قد شجع على الدراسة العددية للكتاب المقدس كجزء من التربية المسيحية، واستمرت

هذه العادة حتى أواخر القرون الوسطى. وفي زمننا هذا ماتزال ثقافات عديدة تنسب قدرات فوق طبيعية إلى أعداد محددة أو إلى أشكال هندسية محددة. كما تشكل روتينات تعداد خاصة جزءاً هاماً من الطقس والسحر في أجزاء عديدة من العالم. وحتى في مجتمعاتنا الغربية الريبية، يؤمن أناس كثيرون بفكرة أرقام تجلب الحظ السعيد وأخرى مشؤومة، مثل العددين ٧ و ١٣.

فهذه المعاني الضمنية تحيط بالغموض الأصول العملية ذاتها للحساب والهندسة. فنشوء نظريات هندسية رسمية في اليونان القديمة قد تلا تطور المسطرة والبوصلة، وأساليب المسح التي كانت تستخدم من أجل أهداف الهندسة المعمارية والبناء. ولقد بُني نظام فكري عظيم من هذه البدايات البسيطة. لقد أثبتت قوة العدد والهندسة أنها كانت ملزمة جداً بحيث أنها أصبحت الأساس لنظرة عالمية تامة، والله يقوم بدور المهندس العظيم. وهذه الصورة موضحة بكل جلاء في النقش الشهير لويليم بليك/ قديم الأيام/ مظهرة الله منحنياً من السماء ليقيس الكون بالفرجار.

يقول التاريخ إن كل عنصر ينجذب إلى تكنولوجياه الأكثر تعبيراً، كاستعارة للتعبير عن الكون، أو عن الله حتى. ولذلك، ففي القرن السابع عشر، لم يعد الناس ينظرون إلى الكون من خلال انسجام موسيقي وهندسي يتربع على قمته مهندس كوني، بل بطريقة مختلفة كلياً. في ذلك الوقت برز تحد تكنولوجي هام هو تأمين وسائل ملاحظة دقيقة، خاصة من أجل المساعدة في الاستعمار الأوروبي لأمريكا. فتصميم خطوط العرض لا يقدم مشاكل للملاحين، لأن بالإمكان قياسها بشكل مباشر عن طريق ارتفاع نجمة القطب فوق الأفق. لكن خط الطول ـ على أية حال ـ فهو مسألة مختلفة، لأن كما تدور الأرض، كذلك تتحرك الأجرام السماوية عبر السماء. فقياس موقع يجب أن يدمج مع قياس زمني. ومن أجل الإبحار شرقاً أم غرباً كان الأمر بحاجة إلى عبورات عبر الأطلسي، وبالتالي ساعات دقيقة كانت أمراً أساسياً. فبدافع المكافأة السياسية والتجارية القوية، فقد تم تكريس جهد كبير إلى تصميم أجزاء زمنية من أجل استخدامها في البحر. وقد وجد هذا التركيز على ميقات زمني دقيق نظيره النظري في عمل كل من غاليلو ونيوتن. لقد استخدم غاليلو الزمن كحد وسيط Parameter ليرسخ قانونه المتعلق بسقوط الأجسام. كما أنه صاحب الفضل أيضاً في اكتشاف أن مدة دور البندول لا علاقة لها بسعة النوسة، أي زمنها ثابت. ويقال إنه رسخ هذه

الحقيقة في إحدى الكنائس من خلال توقيت زمن نوسان شمعدان بعد دقات نبضه. وهكذا فقد أدرك نيوتن الدور المركزي الذي يلعبه الزمن مبتدئاً في كتابه /المبادئ/ «زمن رياضي صحيح ومطلق ما تم بذاته، ومن طبيعته الخاصة، ينساب في سوية واحدة دونما علاقة بأي شيء خارجي»(١١). وهكذا فقد تم إقرار الزمن ـ مثل المسافة ـ كسمة للكون الفيزيائي المراد قياسه، من حيث المبدأ لدقة تعسفية.

وقد قاد التفكير العميق في دور تدفق الزمن في الفيزياء نيوتن إلى أن يطور نظريته الرياضية الجريان التي تعرف اليوم باسم التفاضل والتكامل. فالميزة المركزية لهذه الشكلانية هي مفهوم التغير المستمر، وجعل نيوتن هذه القاعدة لنظريته في الميكانيك التي صيغت فيها قوانين الحركة للأجسام المادية. أما التطبيق الناجح والمذهل جداً لميكانيك نيوتن فهو حركة الكواكب في النظام الشمسي. وبالتالي فقد تم استبدال موسيقى الأفلاك بصورة عمل الساعة الكونية. وقد أنجزت هذه الصورة شكلها الأكثر تطوراً في عمل بيير لابلاس Laplace في أواخر القرن الثامن عشر، الذي تصور كل ذرة في الكون كعنصر في آلية ساعة كونية دقيقة لا تتوقف. وهكذا أصبح الله المهندس صانع الساعات.

ميكنة الرياضيات

لقد شهد عصرنا أيضاً ثورة تكنولوجية تلون كل نظرتنا إلى العالم. فهنا إنني أعني ظهور الحاسوب الذي احدث تحولاً عميقاً في الطريقة التي يفكر بها العلماء وسواهم على السواء حيال العالم. فكما كان الأمر في عصور سابقة، كذلك هو اليوم، هناك اقتراحات بأن أحدث التكنولوجيا تستخدم كاستعارة لعمل الكون ذاته. وهكذا فقد اقترح بعض العلماء أن ننظر إلى الطبيعة على أنها سيرورة حسابية، بشكل أساسي. لقد تمت تنحية موسيقى العوالم والكون الساعاتي ليحل محلها «الحاسوب الكوني»، أي الكون كله يعد نظام معالجة معلوماتية عملاقة. فوفقاً لهذا الرأي، بالإمكان مماثلة قوانين الطبيعة ببرامج الحاسوب، وأحداث العالم التي تتكشف تصبح النتيجة الكونية، والشروط البدئية في أصل الكون هي البيانات المدخلة.

يعتبر المؤرخون أن بالإمكان إرجاع المفهوم المعاصر للحاسوب إلى العمل الرائد الذي قام به المخترع الانكليزي الاستثنائي شارلز باباغ Babbage. ولد تشالز عام ١٧٩١ قرب لندن ابناً لمصرفي ثري أتت عائلته من توتنز Totnes في دوفنشاير. كان باباغ مهتماً بالأجهزة الميكانيكية، وتعلم الرياضيات بنفسه من خلال كتب الرياضيات التي كانت في متناول يده. بعد ذلك ذهب إلى جامعة كامبريدج طالباً في عام ١٨١٠ ومعه مقاربته الفردية للموضوع الذي ترسخ مسبقاً، ولديه خطط كثيرة ليتحدى بها أورثوذوكسية تعليم الرياضيات في بريطانيا. إنه هو وصديق عمره وليم هيرشل «الذي أكتشف كوكب أورانوس عام ١٧٨١» أسسا الجمعية التحليلية. إذ كان التحليليون مفتونين بقدرة العلم والهندسة الفرنسيين. وطالبا بإدخال الطريقة الأوروبية في الرياضيات إلى كامبريدج، كخطوة أولى في ثورة تصنيع وتقانة. لكن الجمعية وصلت إلى حالة صدام مع المؤسسة السياسية في كامبريدج التي اعتبرت باباغ ورفيقه راديكاليين مناهضين لها.

بعد أن ترك باباغ كامبريدج تزوج واستقر في لندن، وعاش على موارده الخاصة. لكنه استمر في إعجابه بالفكر الرياضي والعلمي الفرنسيين، من المحتمل بسبب معرفته بأسرة بونابرت، كما أنه أقام علاقات علمية كثيرة في القارة الأوروبية. وفي هذه المرحلة، أصبح مهتماً بالتجربة على الآلات الحاسبة، وتمكن من إيجاد تمويل حكومي لبناء ما أسماه محرك اختلاف Difference Engine، نوع من آلة للجمع. كان الهدف هو إنتاج جداول رياضية وفلكية، وجداول إبحار خالية من الخطأ البشري بأقل ما يمكن من الجهد. عرض باباغ نموذجاً صغير المجال من محرك الاختلاف، لكن الحكومة البريطانية أوقفت التمويل في عام ١٨٣٣، والآلة التامة المجال لم يكتمل بناؤها أبداً. فكان هذا نموذجاً لحكومة تفشل في إدراك الحاجة إلى دعم الأبحاث طويل المدى «وأجد نفسي مضطراً إلى القول أن في بريطانية على الأقل لم يحدث سوى تغير يسير منذ عام ١٨٣٠». لكن محرك الاختلاف سرعان ما أنتج في السويد، وتم شراؤه لاحقاً من قبل الحكومة البريطانية، إنه لم يكن ليجزع لعدم الدعم عندما تصور آلة حاسبة أقوى بكثير، حاسوب ذو غاية عامة سماه المحرك التحليلي Analytical Engine، الذي يعد الآن المتنبئ بالحاسوب المعاصر في تنظيمه الأساسي وفي هندسة بنائه، لقد أنفق الكثير من ثروته الشخصية محاولاً أن يبني نسخاً مختلفة عديدة من هذا المحرك، لكن لم يكتمل أياً منها.

كان باباغ قوياً، وقوي الحجة، وشخصيته تثير الجدل، وقد استبعده معاصروه على أنه شخص غريب الأطوار. بالرغم من كل ذلك، فقد اعترفوا له باختراع مقياس السرعة، وبنظارة معاينة العين (المعيان)، وجاروفة القطار Cow Catcher، والآلة الحاسبة التي تستخدم في المتاجر، والوميض المشفّر للمنارات. لقد وجهت اهتماماته السياسة والاقتصاد، والفلك والفلسفة. لقد قادته بصيرته في طبيعة عمليات الحوسبة إلى أن يقدّر أن بالإمكان اعتبار الكون نوعاً من حاسوب، وقوانين الطبيعة تلعب دور البرنامج فيه، وهذا تخمين غيبي مهم، كما سوف نرى.

فعلى الرغم من غرابة أطوار باباغ إلا أن مواهبه نالت الاعتراف عندما تم انتخابه لشغل كرسي الرياضيات Lu casian في جامعة كامبريدج، وهذا المنصب شغله نيوتن فيما مضى. لقد هاجر اثنان من أبنائه إلى Adelaide في جنوب أستراليا آخذين معهما قطعاً من المحركات، وقد تمت إعادة تركيب تام لمحرك الفارق في متحف العلم، إذ تم

تجميعه وفقاً للتصميم الأصلي الذي وضعه باباغ، ليثبت أن باستطاعته الحساب كما كان مراداً منه. وفي عام ١٩٩٠، جرى احتفال بمرور مائتي سنة على ولادة باباغ الذي تصادف مع ولادة فارادي، ووفاة موزارت بإشراف حكومة جلالتها بإصدار خاص لطوابع بريدية.

بعد وفاة باباغ عام ١٨١٨ لف النسيان عمله، ومر الزمن حتى ثلاثينيات القرن العشرين حين بدأت مخيلة إنجليزي استثنائي آخر هو آلان تورنغ Turing القصة ثانية. لقد أُقر لتورنغ والرياضي الأمريكي جون فون نيومن أنهما أرسيا الأسس المنطقية للحاسوب الحديث. ففكرة «حاسوب كوني» كانت مركزية في عملهما، آلة قادرة على تنفيذ أي عمل رياضي حسابي، فلشرح أهمية فكرة حوسبة كونية على المرء أن يعود إلى الوراء إلى عام ١٩٠٠، إلى خطاب شهير ألقاه الرياضي ديفيد هيلبرت حيث أطلق فيه ما اعتبره /٢٣ نقطة/ الأكثر أهمية في مسائل رياضية كي تتم معالجتها. إحدى هذه المسائل كانت تتعلق بمسألة الطريقة العامة وإمكانية العثور عليها من أجل برهنة النظريات الرياضية.

كان هيلبرت مدركاً أن القرن التاسع عشر قد شهد تطورات رياضية مزعجة، وبدأ بعضها يهدد اتساق الرياضيات برمته. وقد شملت هذه مسائل مرتبطة بمفهوم اللانهاية، ومفارقات منطقية متنوعة مرجعيتها ذاتية Self - refrence سأناقشها بعد قليل. فرداً على هذه الشكوك تحدى هيلبرت الرياضيين بأن يجدوا طريقة منهجية تقرر في عدد محدود من الخطوات ما إذا كانت مقولة رياضية معطاة صحيحة أم لا. لم يكن يشك أحداً أن طريقة كهذه يجب أن توجد، مع أن بناءها كان شأناً آخر. كان باستطاعة المرء أن يتصور إمكانية شخص أو لجنة تختبر كل افتراض رياضي من خلال اتباع أعمى لسلسلة موضوعة من العمليات حتى النهاية. فالناس لن يكون لهم علاقة، لأن بالإمكان ميكنة الطريقة، والآلة المصنوعة تتبع تسلسل عمليات آلياً. وأخيراً سوف تتوقف طابعة النتيجة «صحيحة» أو «خاطئة» كما قد تكون الحالة.

فإذا ما نظرنا إلى الرياضيات بهذه الطريقة، فإنها تصبح نظاماً شكلياً كلياً، بل لعبة حتى، تهتم فقط بالتلاعب برموز وفقاً لقواعد محددة، ومؤسسة على علاقات Tautological (أي حشو في الكلام)، فلا داعي لأن يكون لها علاقة

بالعالم الفيزيائي، دعنا نرى كيف تكون هذه الحالة. فعندما نجري عملية حسابية مثل ٥x٨ ـ ٦ = ٣٤ فإننا نتبع مجموعة من قواعد بسيطة للحصول على الإجابة ٣٤. ولكي نتوصل إلى الإجابة، فإننا لسنا بحاجة لأن نفهم القواعد، أو أن نفهم من أين أتت. وفي الحقيقة لسنا بحاجة لأن نفهم ما الذي تعنيه الرموز مثل ٥ وفعلاً. فما دمنا ندرك بشكل صحيح الرموز، ونتبع القواعد فإننا نحصل على الإجابة الصحيحة. وبما أن باستطاعتنا أن نستخدم آلة حاسبة صغيرة للقيام بذلك، فهذا يثبت أن بالإمكان تطبيق الطريقة تماماً بشكل أعمى.

فعندما يتعلم الأطفال الحساب، فإنهم بحاجة لأن يربطوا الرموز بأشياء ملموسة في عالم الواقع. لذلك يبدؤون بربط الأعداد بالأصابع أو بحبات المحسب. وفي سنوات تالية يكون معظم الأطفال سعداء أن يقوموا بعمليات رياضية بشكل مجرد تماماً، حتى إلى الحد أن يستخدموا X و Y مكان أعداد محددة. والذين يتابعون إلى مستويات عليا في الرياضيات يتعلمون أنواعاً أخرى من الأعداد (الأعداد العقدية) وعمليات الضرب الماتريسي (حساب المصفوفات) الذي يتبع قواعد غريبة لا تماثل أي شيء مألوف في عالم الواقع. فالطالب مايزال يعرف كيف يحول رموزاً مجردة تعني هذه الأشياء غير المألوفة دونما قلق حول ما تعنيه فعلاً. وبذلك تصبح الرياضيات مسألة تلاعب شكلي بالرموز أكثر فأكثر. إنها تبدأ تبدو وكأنما عالم الرياضيات ليس أكثر من متلاعب بالرموز، وهذه وجهة نظر تعرف باسم «الشكلانية».

التفسير الشكلاني ـ بالرغم من معقوليته السطحية ـ للرياضيات تلقى ضربة قاسية في عام ١٩٣١. ففي تلك السنة أثبت عالم الرياضيات والمنطق النمساوي كورت غوديل Godel نظرية كاسحة مفادها أن المقولات الرياضية الموجودة التي ليس هناك طريقة منهجية تستطيع أن تحدد ما إذا كانت المقولات صحيحة أم لا. كانت هذه هي نظرية No - go، أي لا انطلاق، لأنها قدمت عرضاً لا يدحض بأن شيئاً في الرياضيات هو فعلاً مستحيل، حتى في المبدأ. الحقيقة هي أن هناك قضايا لا سبيل لاتخاذ قرار بشأنها في الرياضيات وهذه الحقيقة أتت كصدمة، لأنها بدت تنسف كل أسس الموضوع المنطقية برمتها.

تنبع نظرية غوديل من مجموعة مفارقات تحيط بموضوع المرجعية الذاتية. فكرة

كمدخل بسيط إلى هذا الموضوع المتداخل: الجملة المربكة هذه «الجملة هي كاذبة» فإن يكن القول صحيحاً، إذن فالجملة كاذبة، وإن تكن زائفة فإن الجملة صحيحة. مفارقات مرجعية ذاتية كهذه تشيد بسهولة، وهي غدارة بعمق. وهذه الأقوال حيرت الناس طوال قرون. وهناك أحجية من القرون الوسطى تسير على النحو التالي:

سقراط: ما يوشك أفلاطون قوله هو زائف.

أفلاطون: سقراط قد قال الصدق.

(هناك عدة نسخ: فبعض المرجعيات مقدمة في البيبلوغرافيا). فقد أوضح عالم الرياضيات والفيلسوف العظيم برتراند راسل أن وجود مفارقات كهذه يوجه ضربة إلى قلب المنطق، وينسف أية محاولة مباشرة لبناء الرياضيات على أساس قوي منطقي. تابع غوديل ليعدل هذه الصعوبات المرجعية ـ الذاتية إلى موضوع الرياضيات بطريقة ذكية وغير عادية ـ لقد تأمل العلاقة بين وصف الرياضيات، والرياضيات ذاتها. فهذا بسيط بما يكفي للقول، لكنه في حقيقة الأمر احتاج جدالاً مطولاً ومعقداً جداً. فللحصول على ما نعنيه يستطيع المرء أن يتخيل إعداد قائمة من قضايا رياضية عن طريق تعدادها بـ ١، ٢، ٣ إلخ. فدمج سلسلة قضايا في نظرية يقابل عندئذ دمج الأعداد الطبيعية التي تشكل يافطاتها. بهذه الطريقة، بالإمكان جعل العمليات المنطقية حول الرياضيات، تقابل العمليات الرياضية ذاتها. وهذا هو جوهر طابع المرجعية الذاتية لبرهان غوديل، فعن طريق تعريف الموضوع بالمحمول، والموضوع بالتركيب، وصف الرياضيات على الرياضيات فقد كشف عن ورطة مفارقات راسلية ـ نسبة للفيلسوف راسل ـ أدت مباشرة إلى قضية حتمية غير قابلة للحسم. لقد ألمح جون بارو بامتعاض إلى أن يعرّف ديناً على أنه نظام فكري يتطلب اعتقاداً بحقائق غير قابلة للبرهنة، إذن فالرياضيات هي الدين الوحيد الذي يستطيع أن يبرهن أنه دين.

بالإمكان شرح الفكرة الأساسية في قلب نظرية غوديل بالاستعانة بقصة صغيرة. مجموعة من علماء الرياضيات الذين لم يسمعوا بغوديل، وكانوا يعيشون في بلد نائي، أصبحوا مقتنعين أن هناك فعلاً طريقة منهجية لتحديد ما إذا كانت كل قضية لها معنى تام إذا كانت صحيحة أم لا. وبدأوا بإيضاحها. فكان بإمكان أي امرئ أن يشغّل نظامهم، أو آلة حتى، أو جماعة من الناس. لا أحد كان متأكداً تماماً مما اختاره

الرياضيون لأنه كان متوضعاً في بناء جامعي، وكان الدخول إليه ممنوعاً لعامة الناس، أي بالأحرى مثل معبد. وقد أُطلق على هذا النظام اسم توم Tom. ولاختبار قدرات توم أدخلت إليه جميع أنواع المقولات الرياضية المنطقية والمعقدة، وبعد انتهاء الوقت المخصص للمعالجة أتت الإجابات صح، صح، خطأ، صح، خطأ... ولم يمض وقت طويل حتى ذاعت شهرة توم في أرجاء البلاد. فأتى أناس كثيرون لزيارة المختبر، ومارسوا ألمعية أكثر في صياغة مسائل أكثر صعوبة لمحاولة عرقلة توم، لكن لم يتمكن أي منهم من عرقلته. وبذلك أصبح علماء الرياضيات واثقين جداً من عصمة توم لدرجة أنهم أقنعوا ملكهم أن يقدم جائزة لمن يستطيع هزيمة القدرات التحليلية التي لا تصدق لدى توم. لكن ذات يوم أتى مسافر من بلد آخر إلى الجامعة ومعه ظرف رسالة، وسأل توم عن الجائزة. فداخل الظرف كانت هناك قصاصة من الورق كُتب عليها قول موجه إلى توم، دعنا نرمزها بالحرف س S أي مقولةStatement(*)، والجملة هي «توم لا يستطيع إثبات أن هذا القول صحيح». أعطيت الجملة إلى توم، ولم تمض سوى بضع ثواني حتى بدأ توم يبدي نوعاً من التشنج. وبعد نصف دقيقة أتى فني راكضاً من البناء ومعه الخبر أن توم قد أُغلق بسبب مشكلات فنية. فما الذي حدث؟ افترض أن توم كان سيتوصل إلى النتيجة بأن القول صحيح. فهذا يعني أن القول «توم لا يستطيع إثبات أن هذه المقولة صحيحة»، وسيكون توم قد برهنه للتو، لكن إذا كانت النتيجة خطأ، فإن القول لا يمكن أن يكون صحيحاً. وبالتالي إذا أجاب توم بـ (صحح) على القول، سيكون توم قد توصل إلى نتيجة خاطئة، مناقضاً عصمته المتبجحة. وبالتالي لا يستطيع توم أن يجيب بكلمة (صح). ولذلك توصلنا إلى النتيجة أن القول ـ هو في الحقيقة صحيح. لكن أثناء التوصل إلى هذه النتيجة فقد أوضحنا أن توم لا يستطيع التوصل إلى هذه النتيجة. فهذا يعني أننا نعرف أن شيئاً ما ليكون صحيحاً، ألا يستطيع توم إثبات صحته. هذا هو جوهر برهان غوديل: إنه سيكون هناك دائماً أقوال محددة صحيحة التي لا يمكن البرهنة على صحتها. وفي نهاية المطاف، عرف المسافر بالأمر، فلم يكن لديه صعوبة في بناء القول، والمطالبة بالجائزة لنفسه.

(*) الحرف هو الحرف الأول من كلمة Statement أي قول أو إفادة، وهو الحرف الأول من كلمة Stump أي تحدي.

من الأهمية بمكان أن ندرك أن القصور في عرض نظرية غوديل يتعلق بالطريقة البديهية للبرهان المنطقي ذاته، وليس خاصية المقولات التي يحاول المرء أن يبرهن على صحتها أو يدحضها. يستطيع دائماً أن يجعل صحة مقولة غير قابلة للبرهنة عليها في نظام بديهي معطى بحد ذاته بديهية في نظام موسع ما. لكن عندئذ سيكون هناك مقولات أخرى لا تقبل البرهان عليها في هذا النظام الموسع، وهلم جرا.

كانت نظرية غوديل انتكاسة مدمرة للبرنامج الشكلاني، لكن لم يتم التخلي النهائي عن الفكرة أي الطريقة الآلية المحضة لتقصي مقولات رياضية. إن مقولات غير قابلة للحسم، ربما، هي مجرد مغالطات نادرة بالإمكان غربلتها خارج المنطق والرياضيات. فإذا كان بالإمكان تصنيف القضايا إلى قضايا يمكن حلها، وأخرى غير قابلة للحل عندئذ سيكون من الممكن أن نقرر ما إذا كانت قضايا النوع الأول صحيحة أم لا. لكن هل بالإمكان إيجاد طريقة منهجية من أجل القضايا التي لا تُحسم، والتي تعد معصومة؟ لقد تحمل ألونزو تشيرشAlonzo Church التحدي الذي تمثله هذه المهمة في منتصف ثلاثينات القرن العشرين. ألونزو هذا هو شريك فون نيومن في برينستون، وسرعان ما أوضح أن حتى هذا الهدف المتواضع لا يمكن بلوغه، على الأقل في عدد محدود من الخطوات. أي بالإمكان صنع مقولات رياضية صحيحة أو خاطئة بشكل كامن، وكذلك بالإمكان التوصل إلى طريقة منهجية مباشرة لتفحص مدى صحتها أو خطئها. لكن هذه الطريقة لن تُحسم أبداً: وقد لا يمكن معرفة النتيجة أبداً.

ما لا يمكن حسابه

لقد تم التصدي للمشكلة بشكل مستقل تماماً ومن منظور مختلف كلياً على يدي ألان تورنغ عندما كان طالباً في جامعة كامبريدج. فغالباً ما يتحدث الرياضيون عنHandle-turning أو طريقة ميكانيكية لبرهنة مسائل رياضية. تساءل تورنغ إذا ما كان بالإمكان بناء آلة حقيقية تنجز ذلك العمل. فآلة كهذه ستكون قادرة أن تحسم صحة مقولات رياضية آلياً، دون أي تورط بشري من خلال إتباع إلزامي لسلسة حتمية من التعليمات. لكن ماهي بنية هذه الآلة؟ وكيف ستعمل؟ تصور تورنغ آلة كاتبة قادرة على طباعة رموز على صفحة، لكن لها فردانية إضافية هي أنها قادرة أن تقرأ أو تتصفح رموزاً معطاة أخرى، وأن تمحوها عند الضرورة. فاستقر على فكرة شريط غير محدد الطول ومقسم إلى مربعات، يحمل كل منها رمزاً واحداً. فالآلة ستحرك الشريط مربعاً واحداً في الوقت ذاته، وتقرأ الرمز، وبعد ذلك إما أن تبقى في الحالة ذاتها أو تنتقل إلى حالة جديدة، فذلك يتوقف على ما تقرأ. وفي كل حالة، ستكون استجابتها آلية تماماً، ومقررة من خلال بنية الآلة. فإما أن تترك الآلة الرمز وحيداً، أو أن تمحوه وتطبع آخر، ثم تحرك الشريط بمربع واحد، وتستمر.

من حيث الجوهر، آلة تورنغ هي ـ ببساطة ـ جهاز سلسلة واحدة من الرموز إلى سلسلة لتحويل آخر وفقاً لمجموعة من القواعد المقررة سلفاً. بالإمكان ـ إذا ما دعت الضرورة ـ جدولة هذه القواعد، فتتم قراءة سلوك الآلة في كل خطوة من الجدول. لم تكن هناك حاجة فعلية لبناء آلة من شريط ورقي أو معدني لإظهار قدرتها. إذ من السهل ـ على سبيل المثال ـ أن تضع جدولاً يقابل آلة مضافة. لكن تورنغ كان مهتماً بأهداف أكثر طموحاً. فهل باستطاعة هذه الآلة أن تتعامل مع برنامج هيلبرت من أجل ميكنة الرياضيات؟

لقد ذكرنا سابقاً أن حل المسألة الرياضية باتباع طريقة ميكانيكية أمر يتدرب عليه طلاب المدارس. فتحويل كسر إلى كسر عشري، والحصول على الجذر التربيعي هي تدريبات مفضلة. فأي مجموعة من التلاعبات تؤدي إلى إجابة. فأي عدد (ليس بالضرورة رقماً كاملاً) بالإمكان معالجته في آلة تورنغ. لكن ماذا عن الطرائق الطويلة اللا متناهية؟ فماذا عن الاتساع العشري لـ pi على سبيل المثال الذي هو غير منتهٍ، ويبدو عشوائياً. مع ذلك بالإمكان حساب pi إلى أي عدد مرغوب من المراتب العشرية بإتباع قاعدة محددة بسيطة. حدد تورنغ عدداً (يمكن حسابه) باستخدام مجموعة من الخطوات المحددة، فالعدد بالإمكان التوصل إليه بهذه الطريقة إلى دقة غير محدودة، حتى وإن تكن الإجابة التامة طويلة بشكل لا نهائي.

تخيل تورنغ قائمة أعداد ممكن حسابها، وإنها ستكون طويلة بشكل لامتناهي، ومن النظرة الأولى ستبدو وكأن كل عدد متصور سيكون مشمولاً في مكان ما في القائمة. على أية حال، لم يكن الأمر كذلك. كان تورنغ قادراً أن يوضح أن قائمة كهذه بالإمكان استخدامها لاكتشاف وجود أعداد أخرى قد لا تكون موجودة في أي مكان في القائمة. فبما أن القائمة تشمل جميع الأعداد القابلة للحساب، ينتج عن ذلك أن هذه الأعداد الجديدة يجب أن تكون غير قابلة للحساب. ما الذي يعنيه عدد غير قابل للحساب؟ إنه ـ من تعريفه ـ عدد لا يمكن توليده بطريقة ميكانيكية محددة تماماً، حتى عن طريق تنفيذ عدد لا متناه من الخطوات. لقد بين تورنغ أن بالإمكان استخدام قائمة من الأعداد قابلة للحساب لتوليد أعداد غير قابلة للحساب.

وهنا يكمن لب نقاشه. تخيل أننا نتعامل مع أسماء بدلاً من الأعداد. فكر بإعداد قائمة لأسماء كل منها مكون من ستة حروف مثل:Atkins, Piquet, Mather, Belmay, Panoff. نفذ الآن الطريقة البسيطة التالية. خذ الحرف الأول من الاسم الأول، وقدمه أبجدياً بمكان واحد، فهذا يعطي الحرف «t». ثم افعل الشيء ذاته مع الحرف الثاني من الاسم الثاني، والحرف الثالث من الاسم الثالث وهلم جرا. فالنتيجة ستكون كلمة تورنغ Turing. باستطاعتك أن تتأكد من أن اسم تورنغ لا يمكن أن يكون موجود في القائمة الأصلية، لأنه يختلف عن كل اسم في تلك القائمة بحرف واحد على الأقل. وإن لم نكن قد رأينا القائمة الأصلية، فإننا سنعرف أن الاسم تورنغ لا يمكن أن يكون فيها. لنعد إلى قضية أعداد قابلة للحساب، فقد استخدم تورنغ قائمة

احتوت على عدد لا نهائي من أعداد طويلة بشكل لا نهائي، بدلاً من ست كلمات، يتكون كل منها من ستة حروف، لكن جوهر النقاش هو ذاته.

إن وجود أعداد غير قابلة للحساب يعني أنه لابد أن هناك قضايا رياضية لا سبيل لحسمها. تخيل القائمة الطويلة المكونة من أعداد يمكن حسابها. بالإمكان توليد كل عدد بآلة تورنغ. بالإمكان تركيب آلة واحدة لحساب الجذر التربيعي، وأخرى لحساب اللوغاريتم وهلم جرا. فكما رأينا للتو، هذه الآلة لا تستطيع أن تولد جميع الأعداد، وحتى عدد لا نهائي من هذه الآلات يمكنها ذلك، وذلك لوجود أعداد لا يمكن حسابها، أي التي لا يمكن توليدها آلياً. لقد أدرك تورنغ أن ليس من الضروري أن يكون لدينا عدد لا نهائي من آلات تورنغ كي تولد هذه القائمة، آلة واحة فقط هي الضرورية. لقد أوضح أن بالإمكان تركيب آلة تورنغ كونية قادرة على استيعاب جميع آلات تورنغ الأخرى. وسبب إمكانية وجود آلة كونية كهذه هو سبب بسيط: بالإمكان تحديد طريقة منهجية محددة من أجل بنائها: سواء غسالات، آلات خياطة، آلات حاسبة، آلات تورنغ، إن آلة تورنغ في حقيقة الأمر هي بحد ذاتها آلة لتنفيذ طريقة هي النقطة الأساسية. ولذلك فإن بالإمكان تلقين آلة تورنغ أولاً أن تقرأ موضوعات أية آلة تورنغ معطاة، ومن ثم أعادة بناء لمنطقها الداخلي، وفي نهاية المطاف القيام بعملها. إذن هناك إمكانية لوجود آلة عامة الغاية وقادرة على القيام بجميع المهمات الرياضية. لم يعد المرء يحتاج إلى آلة كي تقوم بعملية الجمع، وآلة أخرى لتقوم بعملية الضرب الخ، بل باستطاعة آلة واحدة القيام بذلك كله. كل هذا كان متضمناً في مقترح شارل باباغ في محركه التحليلي Anatytlical Engine، لكن ذلك استغرق قرناً من الزمن كي يتحقق أخيراً، بسبب عبقرية آلان تورنغ، ومتطلبات الحرب العالمية الثانية في إيجاد الحاسوب العصري.

قد يبدو مذهلاً أن آلة تستطيع أن تقرأ، وتكتب، وتمحو، تتحرك، وتتوقف، وقادرة على استكشاف جميع الطرائق الرياضية التي بالإمكان تصورها، مهما كانت مجردة ومعقدة. لقد سميت هذه الطريقة فرضية تشيرش ـ تورنغ، ويأخذ بها جميع علماء الرياضيات. إنها تعني أنها مهما كانت المسألة الرياضية المعنية لا يمكن لأحد أن يحلها إن لم تستطع آلة تورنغ أن تحلها. كما تحمل هذه الفرضية المفهوم المهم أن البنية التفصيلية المستخدمة في أي حاسوب أمر ليس بذي أهمية. فطالما أن لدى الحاسوب

نفس البناء المنطقي الأساسي مثل آلة تورنغ الكونية، فإن النتائج ستكون ذاتها. في كلمات أخرى، تستطيع الحاسبات أن يحاكي بعضها بعضاً. وفي يومنا هذا، فإن من المرجح أن حاسوباً الكترونياً حقيقياً أن يكون له مرافق طباعة على الشاشة: طابعة، وراسم بياني، ومخزن قرص، ووسائل معقدة أخرى، لكن بنية قرصه هي بنية آلة تورنغ الكونية.

فعندما كان تورنغ يقوم بتحليله في منتصف الثلاثينيات، كانت جميع هذه المعاني العملية الهامة لأفكاره تقع في المستقبل. لقد كان اهتمامه المباشر منصباً على برنامج هيلبرت من أجل ميكنة الرياضيات. فمشكلة الأعداد القابلة للحساب وتلك غير القابلة للحساب لها علاقة مباشرة بهذا. تأمل القائمة (اللانهائية) لأعداد قابلة للحساب، فكل منها مولد بآلة تورنغ. وتخيل آلة تورنغ الكونية وقد أعطيت مهمة جمع هذه القائمة في قائمتها الخاصة عن طريق استيعاب متعاقب لجميع آلات تورنغ. الخطوة الأولى هي قراءة التفاصيل المكونة لكل آلة. والسؤال الذي يثار عندئذ مباشرة: هل تستطيع آلة تورنغ الكونية أن تعرف من تلك التفاصيل، مسبقاً قبل تنفيذ الحوسبة، ما إذا كان عدد ما بالإمكان حسابه، أو ما إذا سوف تتم عرقلة الحوسبة في مكان ما؟ فالعرقلة هنا تعني أن تكون الحاسبة عالقة في ورطة، أو فاشلة في طبع أي أرقام. وهذا يعرف باسم «مشكلة التوقفHalting Problem». وما إذا كان ممكناً أن نعلم مسبقاً عن طريق تفحص تفاصيل طريقة الحوسبة، ما إذا ستسحب تلك الطريقة كل واحدة لرقم ما ومن ثم تتوقف، أم أنها ستكون عالقة في ورطة ولا تتوقف أبداً.

لقد أوضح تورنغ أن الإجابة على مشكلة التوقف هي كلا حاسمة. لقد فعل هذا مستخدماً مناقشة ذكية. لقد طرح السؤال: افترض أن الآلة الكونية استطاعت حل المسألة العالقة، فماذا سيحدث بعد ذلك إذا كانت الآلة الكونية تحاول أن تستوعب ذاتها؟ إننا نعود ثانية إلى مشكلة المرجعية الذاتية. فالنتيجة كما هو متوقع حصار حوسبي Computational. تدخل الآلة في مآزق لا نهاية لها، مطاردة نفسها إلى لا مكان. لذلك، توصل تورنغ إلى تناقض شاذ: فالآلة التي يفترض أنها تفحص مسبقاً ما إذا ستتم عرقلة طريقة حوسبة في مأزق، وتعلق في مأزق ذاتها. لقد عرض تورنغ نظرية غوديل بشكل آخر حول قضايا غير قابلة للحسم - في هذه الحالة - ذات أهمية للقضايا غير المحسومة ذاتها: ليس هناك طريقة منهجية لتقرير ما إذا كانت قضية ما قابلة للحسم

أم لا فهنا ـ إذن ـ كان مثالاً قابلاً لتخمين هيلبرت حول ميكنة الرياضيات: نظرية لا يمكن برهنتها أو دحضها بطريقة عامة منهجية. لقد لخص دوغلاوس هوفتستاتر Hoftstadter الطبيعة العميقة لنتيجة تورنغ بشكل بياني «القضايا غير القابلة للحسم تجري عبر الرياضيات مثل خيوط الغضروف العظمي التي تتصالب في شريحة الحم بطريقة كثيفة، بحيث لا يمكن سحب هذه الخيوط دون تدمير كامل لشريحة اللحم».

لماذا الحساب فعال؟

تُفَسَّر النتائج التي توصل إليها تورنغ ـ عادة ـ أنها تخبرنا شيئاً عن الرياضيات والمنطق، كما تخبرنا أيضاً عن عالم الواقع. مفهوم آلة تورنغ قائم على فهمنا الحدسي لماهية آلة ما. فالآلات الحقيقية تقوم بما تقوم به لأن قوانين الفيزياء تسمح لها بذلك. لقد زعم عالم الفيزياء ـ الرياضية ديفيد دويتش Deutsch أن إمكانية الحساب هي خاصية فعلاً، خاصية تجريبية، أي أنها تعتمد على الكيفية التي يحدث بها العلم، فيكون بدلاً من الاعتماد على حقيقة منطقية ضرورية «لماذا نجد السبب ممكناً» كما يقول دويتش «أن نبني آلات حاسبة الكترونية، وفي الحقيقة، لماذا نستطيع القيام بالحساب الذهني، وهذا السبب لا يمكن العثور عليه في الرياضيات والمنطق. السبب هو أن قوانين الفيزياء «يحدث أن تسمح بوجود نماذج فيزيائية من أجل القيام بالحساب: كالجمع والطرح والضرب. فلو أنها لم تكن تسمح بذلك، لكانت هذه العمليات المألوفة عمليات غير قابلة للحساب»(٣).

بكل تأكيد، افتراض دويتش يستحق التوقف عنده. فالعمليات الحسابية كالتعداد مثلاً تبدو أساسية جداً لطبيعة الأشياء، لدرجة أنه يبدو من الصعب تصور عالم لا يمكن مزاولتها فيه. فلماذا هذا؟ أعتقد أن الجواب له علاقة بتاريخ وبطبيعة الرياضيات. فالحساب البسيط بدأ بشؤون دنيوية عملية، مثل تعداد القطيع والمحاسبة الأساسية. لكن العمليات الأساسية الأولية كالجمع والطرح والضرب قد أشعلت الزناد لتزايد متفجر في الأفكار الرياضية التي أصبحت شديدة التعقيد في نهاية المطاف، لدرجة أن فقد الناس رؤية أصول الموضوع العملية المتواضعة. بكلمات أخرى، اتخذت الرياضيات حياة ووجوداً خاصين بها. ففي عهد أفلاطون أكد بعض الفلاسفة أن الرياضيات لها وجود خاص بها. أما نحن فقد اعتدنا على القيام بالحساب البسيط بحيث من السهل أن نعتقد

أنه يجب أن يكون قابلاً للقيام به. لكن إمكانية القيام به تعتمد بشكل أساسي على طبيعة العالم الفيزيائي. فعلى سبيل المثال هل للتعداد معنى ـ بالنسبة لنا ـ لو لم توجد أشياء منفصلة مثل القطيع أو القطع النقدية؟

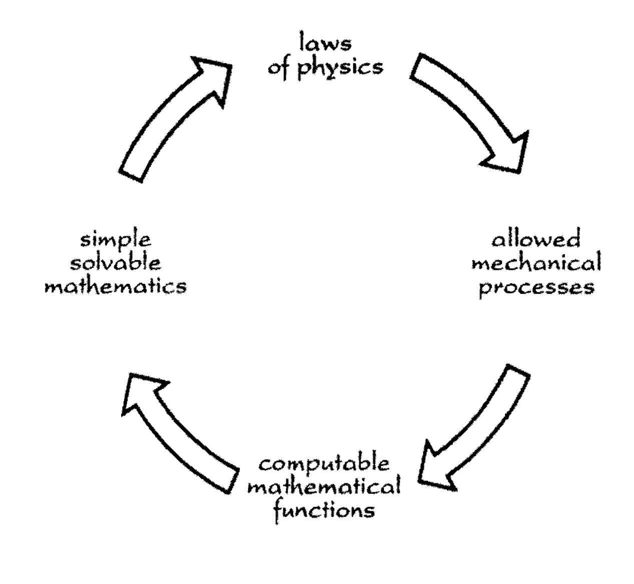
أما عالم الرياضيات/ دبليو هامنغ Hamming فيرفض إمكانية القيام بالحساب كمسلمة بديهية، لأنه يجده غريباً وغير قابل للتفسير «لقد حاولت ـ ولم أحرز سوى نجاح قليل ـ أن أجعل بعضاً من أصدقائي أن يتفهموا ذهولي أن تجريد الأعداد الصحيحة هو أمر ممكن ومفيد معاً. أليس أمراً هاماً أن ست غنمات زائد ٧ غنمات يساوي ١٣ غنمة، وأن ٦ حجارة + ٧ حجارة تساوي ١٣ حجراً؟ أليس معجزة أن الكون مبني هكذا، لدرجة أن تجريداً بسيطاً كتجريد عدد هو أمر ممكن؟»(٤).

تنطوي حقيقة أن العالم الفيزيائي يعكس خصائص إمكانية الحساب على معنى عميق. فهذا ـ بمعنى من المعاني ـ يعني أن العالم الفيزيائي هو حاسوب، مثلما اعتقد باباغ. أو لنكون أكثر مباشرة، فالحاسبات لا تستطيع أن يستوعب كل منها الآخر فقط، بل تستطيع أيضاً أن تستوعب العالم الفيزيائي. إننا نعرف تماماً الطريقة التي تستخدم فيها الحاسبات لنمذجة الأنظمة الفيزيائية، وذلك هو نفعها الكبير، لكن هذه المقدرة تعتمد على خاصية ذكية وعميقة في العالم. بكل وضوح هناك توافق حاسم بين قوانين الفيزياء من ناحية، وبين إمكانية الحوسبة Computabitity من ناحية ثانية. حوسبة الوظائف الرياضية التي تصف تلك القوانين ذاتها. فهذا ليس مجرد بديهية. فطبيعة القوانين الفيزيائية تسمح بعمليات رياضيات كالجمع والضرب، أي أن تكون قابلة للحساب. ونجد أن بين عمليات الحساب هذه أن بعضها يصف ـ على الأقل إلى درجة من الدقة قوانين الفيزياء. ولقد تجسدت هذه الخاصية المتسقة ذاتياً في العدد عشرة.

هل هذا الاتساق الذاتي الالتفافي Loopy مجرد مصادفة؟ أم هل أن هذا الاتساق ينبغي أن يكون القضية؟ وهل يشير إلى التناغم بين الرياضيات والواقع؟ تخيل عالماً قوانين الفيزياء فيه مختلفة جداً، من الممكن شديدة الاختلاف لدرجة أن الأشياء المنفصلة غير موجودة. إن بعض العمليات الرياضية القابلة للحساب في عالمنا لن تكون كذلك في هذا العالم، والعكس صحيح. وقد يوجد معادل آلات تورنغ في هذا العالم الآخر، لكن بنيتها وعملها سيكونان مختلفين تماماً لدرجة أن من المحال ـ بالنسبة لها ـ

أن تقوم بالحساب الأساسي، مع أنها قد تكون قادرة على القيام بالحساب في ذلك العالم الذي لن تستطيع الحاسبات في عالمنا أبداً إنجاز مثل حل النظرية الأخير لـ Fermat.

تبرز الآن أسئلة مهمة إضافية: هل قوانين الفيزياء في هذا العالم البديل الافتراضي سيكون بالإمكان التعبير عنها من خلال عمليات قابلة للحساب في ذلك العالم؟ أم هل ستكون الحالة أن مثل هذا الاتساق الذاتي أمراً ممكناً فقط في نوع محدد من العالم؟ أو ربما في عالمنا وحده؟ وهل نستطيع أن نكون متأكدين أن جميع جوانب عالمنا سيكون التعبير عنها ممكناً من خلال عمليات قابلة للحساب؟ وهل يمكن ألا يكون هناك عمليات فيزيائية لا يمكن لآلة تورنغ أن تستوعبها. فالمزيد من الأسئلة المراوغة التي تسبر العلاقة بين الرياضيات والواقع الفيزيائي هو ما سأناقشه في الفصل التالي:



شكل (١٠)

قوانين الفيزياء والرياضيات الحسابية قد تشكل دورة وجود مغلقة فريدة

دمى روسية وحياة اصطناعية

تنطوي حقيقة أن باستطاعة الحاسبات الكونية أن يستوعب كل منها الآخر، على معاني هامة. فعلى المستوى العملي تعني - شرط أن تكون مبرمجة كما يجب ولها متسع ذاكرة كافٍ - أن حاسوباً من نوع IBMPC متواضع يستطيع أن يحاكي تماماً حاسوب cray قوي حتى فيما يتعلق بالمخرجات. فحاسوب Cray يستطيع القيام بأي شيء، مثله مثل الحاسوب الشخصي. فمن حيث تعقيد الحاسوب الشخصي IBM، فإن حاسوب كوني لا يكاد يقاربه حتى. إنه لا يتألف من أكثر من لوحة شطرنج ومزود Checkers. لقد درس عالما الرياضيات ستانيسلاف أولام، وجون فون نيومن هذا النظام في أواخر خمسينات القرن الماضي كمثال على ما يسمى نظرية الألعابGame theory. كانا يعملان في المختبر الوطني في لوس ألاموس حيث كان يجري مشروع منهاتن، القنبلة الذرية. أحب أولام أن يلعب ألعاباً على الحاسبات التي كانت ماتزال جديدة في ذلك الوقت. إحدى هذه الألعاب كانت تتضمن نماذج تغير الشكل، وفقاً لقواعد محددة. تخيل على سبيل المثال لوحة شطرنج والقطع مرتبة بترتيب ما. يستطيع المرء أن يفكر بقواعد محددة حول إعادة ترتيب النموذج. إليك مثالاً على ذلك: كل مربع في الرقعة لديه ثمانية مربعات مجاورة (من ضمنها مربعات الأقطار). فحالة أي مربع لا تتغير (أي بقطع أو دون قطع) إذا كان مربعان مجاوران كانا مشغولين بقطع. إذا كان مربع مشغولاً، فله ثلاثة مربعات مجاورة مشغولة، فإنه يبقى مشغولاً وفي جميع الحالات الأخرى إما أن يصبح المربع فارغاً، أو يبقى فارغاً. فبعد أن يتم اختيار التوزيع الأولي للقطع، وتطبق القاعدة على كل مربع في الرقعة، يتم الحصول على شكل مختلف قليلاً عن المربع البدئي. ثم تطبق القاعدة ثانية، فيحدث تغير آخر. وهكذا تُكرر القاعدة، ويُطور النموذج الملاحظ.

لقد ابتكر جون كونوي Conway القواعد المحددة أعلاه في عام ١٩٧٠، وشعر بالذهول لغنى البنى الناتجة. نماذج ظهرت واختفت، تطورت، وتحركت حول، تجزأت، واندمجت. لقد صُعق كونوي بتشابه هذه النماذج بالأشكال الحية لذلك أسمى لعبته لعبة الحياة Game life. انتشر الحاسوب في العالم سريعاً وأصبح مدمناً عليه. لم يكن هناك حاجة لاستخدام رقعات شطرنج حقيقية لتتبع تطور النماذج. فالطريقة الأقل جهداً هي جعل الحاسوب يعرض النماذج مباشرة على شاشة، مع كل بكسيل Pixel نقطة من الضوء تمثل حجر الشطرنج. هناك عرض مقروء ممتع للموضوع موجود في كتاب اسمه /الكون المتكرر recursive/ لمؤلفه وليم بوندستون(٥). وفي الكتاب ملحق يقدم برنامجاً لمن يود أن يلعب لعبة الحياة على حاسوبه المنزلي. قد يكون الناس مهتمين أن يعلموا أن لعبة الحياة مبرمجة مسبقاً في آلة وبالإمكان الوصول إليها بأوامر بسيطة.

يستطيع المرء أن يفكر بالحيز الذي تشغله نماذج النقاط كنموذج للكون، وذلك من خلال قواعد كونوي التي تحل محل قوانين الفيزياء، والزمن يتقدم في خطوات منفصلة. فكل شيء يحدث في الحياة، كون الحياة هو جبري تماماً: فالنموذج عند كل خطوة محدد تماماً بالنموذج عند الخطوة السابقة. والنموذج البدئي يحدد كل شيء سوف يأتي إلى ما لانهاية. في هذا الخصوص كون الحياة يشبه كون الساعة لدى نيوتن. والطابع الميكانيكي لألعاب كهذه قد أكسبها اسم Cellular automata خلايا آلية، فالخلايا هي المربعات أو النقاط الضوئية Pixles.

وسط التنوع اللامتناهي لأشكال الحياة Life توجد بعض الأنواع التي تحتفظ بهويتها وهي تتنقل. تشمل هذه ما يسمى gliders أي طائرات شراعية مؤلفة من خمس نقاط، وسفناً فضائية أكبر متنوعة. فالاصطدامات بين هذه الأجسام بإمكانه أن ينتج جميع أنواع البنى والأنقاض، معتمداً على التفاصيل. بالإمكان إنتاج الطائرات الشراعية بواسطة glidergum التي تطلقها في أوقات منتظمة على شكل سيل. Glidergums. بالإمكان أن تقوم بـ ١٣ اصطدام طائرة شراعية بحيث أن طائرات شراعية تنتج طائرات شراعية. هناك موضوعات أخرى شائعة هي القطع Blocks: مربعات ثابتة من أربع نقاط تتجه لأن تدمر أشياء تصطدم بها. وهناك كذلك «الآكلون» eaters الأكثر تدميراً والتي تفجر الأجسام المارة، ثم ترمم الضرر الذي أوقعته المواجهة. لقد اكتشف كونوي وزملاؤه نماذج لعبة الحياة ذات غنى وتعقيد هائلين، اكتشفوا بعضها بمحض المصادفة،

وأحياناً باستخدام مهارة وبصيرة كبيرتين. يتطلب بعض الألعاب الأكثر متعة تنظيماً دقيقاً لأعداد كبيرة من أجسام مكونة، وتظهر بعد آلاف من الخطوات الزمنية فقط. يحتاج الأمر إلى حاسبات قوية جداً لاستكشاف مجموعة الأدوار الأكثر تقدماً في life activity فاعلية الحياة.

إن Lifeuniverse كون الحياة هو بكل وضوح مجرد ظل باهت للواقع، فالطبيعة التي تشبه الحياة، سكانها أكثر بساطة، وهم فقط أشياء حية حقيقية أو كرتونية. لكن داخل بنية Life المنطقية، فإن لها المقدرة على توليد تعقيد لا حدود له، في المبدأ معقدة مثل عضويات بيولوجية حقيقية. الاهتمام الأصلي لـ الآلية الخلوية ـ لنيومن ـ كان مرتبطاً بشكل وثيق بسر العضويات الحية. كان مهتماً أن يعرف ما إذا باستطاعة آلة ـ من حيث المبدأ ـ أن تبني وما إذا كانت قادرة على إعادة إنتاج ذاتها، فإذا كان الأمر كذلك، ماذا سيكون عليه نظامها وبنيتها. فإذا كانت آلة نيومن ممكنة، عندئذ سنكون قادرين أن نفهم المبادئ التي تمكّن العضويات البيولوجية من أن تعيد إنتاج نفسها.

الأساس في تحليل نيومن كان مفهوم Universal Constructor بنّاء كوني، مماثل لحاسوب. وستكون آلة بالإمكان برمجتها لإنتاج أي شيء، وهي تشبه كثيراً آلة تورنغ التي بالإمكان برمجتها لتنفيذ أية عملية رياضيات قابلة للحساب. اعتبر فون نيومن أن ما سيحدث إذا كان الباني الكوني مبرمجاً ليصنع نفسه. ومن أجل التأهيل لإعادة إنتاج ذاتي حقيقي، فإنه ينبغي أن تنتج الآلة ليس نسخة فقط عن ذاتها، بل أيضاً نسخة عن البرنامج الذي يسيرها كي تنسخ نفسها، وإلا فإن الآلة الوليدة ستكون عقيمة. بكل وضوح هناك خطر انتكاس لانهائي هنا، لكن مراوغة ذكية قد حددها نيومن. يجب أن يتعاظم البنّاء الكوني عن طريق آلية تحكم Control mechanism عندما يكون البناء قد أنتج نسخة عن نفسه زائد نسخة عن آلية التحكم كي يوقف آلة التحكم في البرنامج، وتدخلها في الآلة الجديدة، التي تكون عندئذ نسخة طبق الأصل عن النسخة الأم، وجاهزة لأن تبدأ تشغيل برنامج إعادة إنتاج نفسها الخاص بها.

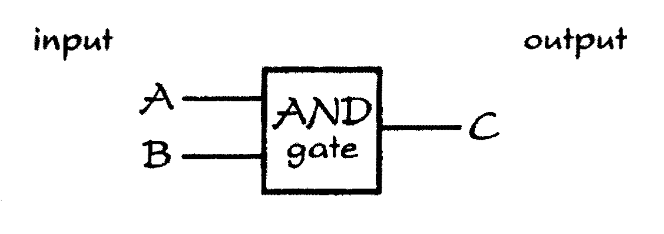
كانت آلة براغي وعزق nuts and bolts هي التي في ذهن نيومن، لكن أولام أقنعه أن يختبر الإمكانات الميكانيكية الخلوية الذاتية، وأن يفتش عن وجود نماذج إعادة الإنتاج الذاتي. آلة فون نيومن قد تكون مجرد نقاط من الضوء على شاشة، أو قطع شطرنج على رقعة الشطرنج. إنها البنية التنظيمية والمنطقية هي الأمر الهام وليس الوسيط

الفعلي. فبعد عمل كثير، كان نيومن وزملاؤه قادرين أن يبينوا أن إعادة إنتاج ـ ذاتي ممكنة فعلاً لأنظمة تتجاوز عتبة محددة من التعقيد. للقيام بهذا تطلب الأمر اختباراً للخلايا ـ الذاتية مع قواعد أكثر تعقيداً بكثير من قواعد «لعبة الحياة». فبدلاً من السماح لكل خلية أن تكون في حالة واحدة فقط من حالتين اثنتين: فارغة أو مشغولة ـ فقد سمح نظام Automaton نيومن بما لا يقل عن ٢٩ حالة بديلة. لم يكن هناك أمل ببناء نموذج نظام Automaton ينتج ذاته ـ البنّاء العالمي، وتوسيع آلية التحكم، وذاكرة كان عليها أن تشغل ما لا يقل عن مائتي ألف خلية. لكن النقطة الهامة هي أن ـ من حيث المبدأ ـ يستطيع نظام ميكانيكي محض أن يعيد إنتاج نفسه بعد زمن قصير من اكتمال هذا البحث الرياضي، وبعد توصله إلى تقدم في مجال البيولوجيا الجزيئية، وكذلك اكتشاف د.ن.أ DNA. اللولبية المضاعفة بفك الشيفرة الجينية، وتفسير إعادة إنتاج المولات. لقد أدرك في الحال أن الطبيعة تستخدم المبادئ المنطقية ذاتها التي اكتشفها فون نيومن. فعلاً، لقد حدد علماء البيولوجيا المولات الحقيقية داخل الخلايا الحية التي تقابل مكونات آلة فون نيومن.

كان كونوي قادراً أن يوضح لعبته «لعبة الحياة Life game» هي أيضاً قادرة أن تسمح بنماذج إنتاج ـ ذاتي. والعملية البسيطة لطائرات شراعية gliders تنتج طائرات شراعية لا تعد مؤهلة، ذلك لأن البرنامج الهام كله لإعادة إنتاج ـ ذاتي لا يتم استنساخه. فالمرء يحتاج شيئاً ما أكثر تعقيداً بكثير لإنجاز ذلك. عالج كونوي أولاً المسألة المرتبطة بذلك: هل تستطيع آلة تورنغ (أي الحاسوب الكوني) أن يتم بناؤها في العملية الأساسية لأي حاسوب كوني: العمليات المنطقية الأساسية تتكون من: «و And»، (أو Or»، و(ولا Not). ففي حاسوب الكتروني تقليدي تطبق هذه العملية بتشغيل بسيط أو بوابات gates منطقية. فعلى سبيل المثال بوابة و And لها سلكا مدخلات input، وسلك واحد للمخرجات output (انظر الشكل ١١).

فإذا ما تم استقبال نبضة كهربائية في سلكي المدخلات، يتم إرسال نبضة خارج سلك المخرجات. لا توجد مخرجات إذا تم استقبال نبضة واحدة، أو إذا لم يتم استقبالها. يتألف الحاسوب من شبكة ضخمة من عناصر منطقية كهذه. وتتم عملية الحساب عن طريق تمثيل أعداد في شكل ثنائي كأوتار من واحدات ones وأصفار. فإذا ما ترجمنا ذلك في شكل فيزيائي: الواحد مُشَفَّر كنبضة كهربائية، والصفر غياب

للنبضة. فلكي يتم إنجاز هذه العمليات من خلال تشغيل كهربائي، فإن أي جهاز ينفذ نفس العمليات المنطقية سيكون كافياً. باستطاعتك أن تستخدم معشقات ميكانيكية gears mechanical، كما في المحرك التحليلي الأصلي لصاحبه باباغ، حزم لا يزرية، أو نقط على شاشة حاسوب.



الشكل (١١)

لتمثيل رمزي لبوابة (و And) المستخدمة في الحاسبات. يوجد سلكا مدخلات، A، و B، وسلك مخرجات واحد). إذا ما تم استقبال إشارة من A، و B، عندئذ إشارة مخرجات سيتم إرسالها عبر C.

بعد الكثير من التجارب والتفكير استطاع كونوي أن يبين أن الدارات المنطقية الملائمة بالإمكان أن تبنى فعلاً في كون حياتيLife Universe. الفكرة الأساسية هي أن تستخدم مجموعات Glider كي تشفِّر أعداداً ثنائية. فعلى سبيل المثال ١٠٠١٠١١٠١ بالإمكان تمثيله بوضع Glider في مجموعة في مكان كل ١، بينما تترك فجوات للأصفار. وتستطيع بوابات منطقية بعدئذ إنشاءها عن طريق ترتيب سيالات Glider كي تتقاطع عند الزوايا القائمة بطريقة منتظمة. وبذلك فإن بوابة و And سوف تطلق Glider فقط إن تتلقى بشكل متزامن Gliders من كلاسيالات المدخلات in put مشفرة العملية (١+١). ولتركيب وحدة الذاكرة الضرورية لتخزين البيانات، فقد احتاج كونوي إلى أربعة أنواع فقط من: Life، Gliders، glider guns، eaters، blocks.

يتطلب الأمر إلى الكثير من الحيل الذكية لوضع العناصر بشكل صحيح ولتنظيم آلية الحركة. مع ذلك بالإمكان تنظيم مجموعة الدارات المنطقية الضرورية، والأشكال

الضوئية في Life universe كي تقوم بعملها بشكل تام، وكما يجب، كحاسوب كوني. إنها نتيجة ذات معاني أخاذة. إذ هناك مستويان من تصميم الحاسبات: الأول: هناك حاسوب الكتروني كامن مستخدم لإنتاج Life game على الشاشة، وبعدئذ، تعمل نماذج Life نفسها كحاسوب على مستوى أعلى. فمن حيث المبدأ تستطيع هذه التراتبية الاستمرار بشكل غير محدود: إن حاسوب life بالإمكان برمجته كي يولّد Lifeuniverse الخاص به. فمؤخراً حضرت ورشة عملية على دراسة معقدة أوضح فيها العالمان في حاسوب MIT هما توم توفولي Toffoli، ونورمن مارغولوس Margolus عملية بوابة و And على شاشة الحاسوب. وحضر العرض تشارلز بينيت من شركة IBM، وهو خبير في الأسس الرياضية للحوسبة والتعقيد. ألمحت إلى بينيت أن ما كنا نشاهده كان حاسوباً الكترونياً مستوعباً حاسوباً يحاكي آلة تسيير ذاتي خليوية، فأجابني أن هذه الأسس المتتالية لمنطق بناء الحاسبات ذكرته بالدمى الروسية.

حقيقة أن Life يستطيع أن يتوافق مع حاسبات يونيفر سال تعني أن جميع نتائج تحليل تورنغ بالإمكان استردادها إلى داخل Life يونيفيرس. فعلى سبيل المثال وجود عمليات غير قابلة للحساب ينطبق على حاسوب Life أيضاً. ينبغي أن نتذكر أن ليس هناك طريقة منهجية لنقرر مسبقاً ما إذا كانت مسألة رياضيات معطاة قابلة للحسم أم لا عن طريق تشغيل آلة تورنغ: مصير الآلة لا يمكن معرفته مسبقاً. فنماذج Life المرتبطة لا يمكن معرفتها مسبقاً، مع أن جميع هذه النماذج هي حتمية، تماماً. أعتقد أن هذه نتيجة عميقة جداً، ولها معاني هائلة على عالم الواقع. إنها تظهر وكأنما هناك نوع من العشوائية أو عدم اليقين أجرؤ أن اسميه «إرادة حرة» مبنية في لايف يونيفرس، كما أنها هناك في الكون الواقعي بسبب قيود المنطق ذاته، حالما تصبح الأنظمة معقدة بما فيه الكفاية لتنخرط في مرجعية ذاتية.

إن المرجعية الذاتيةSelf - reference وإعادة الإنتاج الذاتي Reproduction Self مرتبطان بشكل وثيق، فما أن ترسخ وجود حاسبات لايف يونيفرسال حتى كانت الطريق مفتوحاً أمام كونوي ليثبت وجود بنائين كونيينUniversal Constructors، وبالتالي أثبات وجود نماذج Life تعيد إنتاج نفسها. لم يتم تركيب فعلي لنموذج كهذا، لأنه سيكون ضخماً. لكن بما أن ـ كما ذكر كونوي ـ لايف يونيفرس لا نهائي،

ومسكون بشكل عشوائي بالنقاط، فإن نماذج تعيد إنتاج ذاتها سيتم تشكيلها حتماً في مكان ما بمحض المصادفة، فعلى الرغم من أن المفاجآت ضد التشكل العضوي لنموذج عالي التناغم، ومعقداً تكون فلكية، إلا أنه في كون لا نهائي، أي شيء يستطيع أن يحدث، فإنه سوف يحدث. يستطيع المرء أن يتصور تطوراً داورينياً «من داروين» يؤدي إلى ظهور نماذج إعادة إنتاج ذاتي أكثر تعقيداً.

يؤكد بعض المتحمسين ل Life أن نماذج Life التي تعيد إنتاج ذاتها ستكون فعلاً حية، لأنها سوف تمتلك جميع الخصائص التي تحدد العضويات الحية في كوننا. فإذا ما تم اعتبار جوهر الحياة مجرد طاقة منظمة فوق عتبة محددة من التعقيد، عندئذ سيكون هؤلاء المتحمسين محقين. وفي الواقع، هناك ـ الآن ـ فرع مميز من العلم يدعى «الحياة الاصطناعية» المخصص لدراسة «تنظيم ذاتي»، نماذج مولدة قابلة للتكيف بواسطة الحاسوب. الهدف من هذا الموضوع هو تجريد الجوهر مما يعنيه أن تكون حياً، عن التفاصيل المتعلقة للمواد الفعلية في العضويات الحية. ففي مختبر حديث يعمل على الحياة الاصطناعية، شرح عالم الحاسوب كريس لانغتون Langton قائلاً «اعتقادنا هو: إننا نستطيع أن ندخل أكواناً معقدة بما فيه الكفاية إلى الحاسبات بحيث أنها تستطيع أن تدعم العمليات التي يجب أن تعد حية، بما يتعلق بذلك الكون. لكنها لن تكون مكونة من نفس المادة... إنها تشير إلى الإمكانية المخيفة جداً: أننا سنكون نخلق الأشياء الحية التالية في الكون». وبوندستونPoundstone يوافقه على ذلك «إذا كانت إعادة إنتاج ذاتي غير تامة تستخدم على أنها المبدأ للحياة، إذن نماذج Life التي تعيد إنتاج ذاتها ستكون حية. هذا لا كي أقول أنها تستوعب الحياة مثلما قد تستوعب أية صورة تلفزيونية، بل أنها ستكون حية بالفعل بفضل فك التشفير، والتلاعب بالمعلومات حول بنيتها الخاصة بها. أبسط نماذج Life التي تعيد إنتاج ذاتها ستكون حية، بمعنى أن فيروساً ليس حياً».

ويمضي جون كونوي بعيداً جداً لدرجة أنه يقترح أن أشكال Life المتطورة قد تكون واعية «من المحتمل إذا ما أعطينا حيزاً كافياً ل Life، في البداية بحالة عشوائية، فبعد زمن طويل سوف تظهر حيوانات ذكية مستنسخة، وتسكن بعض أصقاع الكون». إلا أن هناك مقاومة طبيعية لأفكار كهذه: لايف يونيفيرس هو ـ في نهاية المطاف ـ مجرد كون تمت محاكاته. إنه ليس حقيقياً، فهل هو كذلك؟ فالأشكال التي تتحرك

على الشاشة هي أشكال تحاكي الحياة، الواقع. وسلوكها ليس عفوياً، بل مبرمجاً داخل الحاسوب الذي يلعب لايف كيم. لكن يقابل المتحمس لـ Life سلوك البنى الفيزيائية في كوننا المبرمج بقوانين الفيزياء والحالة الأولية. فالإنتشار العشوائي للنقاط التي قد يظهر منها نموذج Life معيداً لإنتاج ذاته، هو مثيل مباشر للحساء ما قبل الحيوي العشوائي الذي منه يفترض ظهور الأشياء الحية الأولى على سطح الأرض. لذلك كيف لنا أن نعرف أن كوناً حقيقياً عن كونٍ منمذجٍ؟ هذا هو موضوع الفصل التالي.

الفصل الخامس

عوالم حقيقية وعوالم افتراضية

إننا جميعاً مفتونين بالأحلام. فمن هم مثلي غالباً ما يحلمون بحيوية كبيرة، وفي أغلب الأحيان يكون لديهم تجربة كونهم محاصرين في حلم يعتقدون أنه حقيقي. والإحساس الغامر بالخلاص الذي يرافق الاستيقاظ إحساس حقيقي جداً. مع ذلك، فقد تساءلت مراراً لماذا نقيم فارقاً كبيراً بين تجاربنا عندما نكون في حالة اليقظة، وعندما نكون نائمين، على الرغم أنه يتملكنا شعور ـ في حينه ـ أن الحلم هو واقع. هل باستطاعتنا أن نعد أن «عالم الأحلام» هو عالم وهمي، وعالم اليقظة حقيقي؟ وهل بالإمكان أن يكون الأمر عكس ذلك، أم أن كليهما حقيقيان، أم أن ولا أي منهما حقيقي؟ ما هي مبادئ الواقع التي نستطيع أن نستخدمها كي نحسم المسألة؟

فالجواب المعتاد هو أن الأحلام هي تجارب خاصة، بينما العالم الذي ندركه عندما نستيقظ متسق مع تجارب الناس الآخرين. لكن هذه الإجابة ليست مفيدة. فكثيراً ما أقابل شخصيات أحلام تؤكد لي أنها حقيقة، وأنهم يشاركوني تجاربي أثناء الحلم. أما في حال اليقظة فينبغي علي أن آخذ كلمة أناس آخرين المقابلة للحلم على أنهم يدركون فعلاً عالماً مماثلاً لعالمي، لأنني لا استطيع فعلاً أن أشاركهم خبراتهم، فكيف استطيع أن أميز بين زعم حقيقي عن زعم قالته شخصية وهمية، أو عن طريق آلية ذاتية معقدة لكن واعية؟ كما أنه ليس هناك فائدة من الإشارة إلى حقيقة أن الأحلام غالباً ما تكون غير متماسكة، مجزأة، وسخيفة. إن ما يسمى العالم الواقعي يمكن أن يبدو ذاته بعد بضعة كؤوس من الخمرة، أو عندما أستعيد وعي من مادة مخدرة.

محاكاة الواقع

المراد من الملاحظات المذكورة أعلاه عن الأحلام هو تحضير القارئ إلى مناقشة حول محاكاة الحاسوب للواقع. ففي الفصل السابق رأينا كيف يستطيع الحاسوب أن يحاكي العمليات الفيزيائية في عالم الواقع، من حيث المبدأ، حتى تلك العمليات المعقدة التي تحدث في عالم الحياة. ومن ناحية ثانية، رأينا أن الحاسوب هو في جوهره ـ ببساطة ـ طريقة لتحويل مجموعة من الرموز إلى مجموعة أخرى وفقاً لقاعدة ما. عادة، نعد الرموز أرقاماً، وبتحديد أكثر كسلاسل من واحدات وأصفار، وهذا لأنها الصياغة الأكثر ملائمة للآلات كي تستخدمها. فكل واحد أو صفر يمثل نثرة من معلومة، فكيف تستطيع هذه المجموعة من عمليات مجردة ـ والتي تبدو بسيطة ـ أن تلتقط جوهر الواقع الفيزيائي؟

قارن فاعلية الحاسوب مع نظام فيزيائي طبيعي، كوكب يدور حول الشمس على سبيل المثال. بالإمكان تحديد حالة النظام عند أي لحظة بإعطاء مكان وسرعة الكوكب. فهذه هي البيانات المدخلة. وبالإمكان إعطاء الأرقام ذات الصلة في حساب ثنائي كنثرات من واحدات وأصفار. وفي وقت لاحق، سيكون للكوكب موقعاً وسرعة جد يدين بالإمكان تحديدهما عن طريق خيط نثرة واحد إلى آخر، ولذلك ـ بمعنى من المعاني ـ هو حاسوب «البرنامج» الذي استخدمه في هذا التحويل، مجموعة قوانين فيزيائية «قانون الجاذبية وقانون الحركة وكلاهما لنيوتن».

يتزايد إدراك العلماء للرابط بين العمليات الفيزيائية والحوسبة، ويجدون أنه من المفيد أن يفكروا بالعالم بكلمات حسابية. فكما يقول ستيفن ولفرام Wafram «ينظر إلى القوانين العلمية الآن على أنها خوارزميات». يعمل ستيفن في معهد الدراسات المتقدمة في برنستون. «والأنظمة الفيزيائية تعد كأنظمة حسابية، تعالج المعلومات مثلما

تفعل الحاسبات إلى حد كبير». خذ غازاً على سبيل المثال. فحالة الغاز محددة بإعطاء أوضاع وسرعات جميع المولات في لحظة ما. وهكذا سيكون خيط نثرة طويلاً بشكل هائل. وفي لحظة تالية، سوف تحدد حالة الغاز خيط فترة طويل بشكل هائل. فتأثر التطور الديناميكي للغاز هو تحويل البيانات المدخلة إلى بيانات مخرجات.

تعزز نظرية الكوانتم العلاقة بين العمليات الطبيعية وعمليات الحساب. نظرية الكوانتم التي توضح أن مقادير فيزيائية عديدة تعد ـ عادة ـ مستمرة طالما هي متقطعة، وبذلك تملك الذرات مستويات طاقة واضحة. فعندما تغير الذرات طاقتها فإنها تقوم بقفزة بين مستويين. فإذا كان لكل مستوى رقم، فإن بالإمكان اعتبار قفزة كهذه بمثابة انتقال من رقم إلى آخر.

فهنا قد وصلنا إلى جوهر مدى نجاعة الحاسوب في العلم الحديث. بسبب قدرات الحاسبات على محاكاة إحداها للآخر، فإن حاسوباً الكترونياً قادر على محاكاة أي نظام يعمل كحاسوب. هذه هي القاعدة لنمذجة الحاسوب للعالم الواقعي: الكواكب، وصناديق غازية، وأشياء أخرى كثيرة تعمل مثل الحاسبات، وبذلك يمكن نمذجتها. لكن هل كل نظام فيزيائي قابل لأن تتم محاكاته بهذه الطريقة؟ إن ولفرام يعتقد ذلك: «يجب أن يتقبل المرء أن الحاسبات قادرة جداً في قدراتها الحسابية، مثل أي نظام يقبل أن يتحقق فيزيائياً، لدرجة أن الحاسبات تستطيع أن تحاكي أي نظام فيزيائي»(٢). فإن كان هذا صحيحاً، فهذا يعني أن أي نظام معقد كفاية كي يحسب، يستطيع من حيث المبدأ أن يحاكي الكون الفيزيائي كله.

في الفصل السابق شرحت كيف أن الآليات الخلوية هي مثل Life يولد كون لعبة Toy Universe الذي فيه الحساب ممكن. وبذلك يبدو أننا وصلنا إلى النتيجة أن Life Universe قادرة على القيام بمحاكاة أمينة للكون الواقعي. فالآليات الخلوية التي هي قادرة على القيام بحوسبة كونية تستطيع أن تحاكي سلوك أي حاسوب، كما يقول ولفرام. «طالما أن أي عملية فيزيائية بالإمكان تمثيلها كعملية حسابية، فإن باستطاعتها محاكاة عمل أي نظام فيزيائي أيضاً»(٣). من حيث المبدأ أن يكون شبيهاً بالحياة لدرجة أن باستطاعته أن يقدم نسخة كاملة عن الكون الحقيقي. إنه كذلك، كما يبدو. لكن هذا يطرح سؤلاً محيراً أكثر. فإذا كانت جميع الأنظمة الفيزيائية هي

حاسبات، تستطيع أن تحاكي تماماً جميع الأنظمة الفيزيائية، إذن فما الذي يميز العالم الحقيقي عن العالم المحاكى؟

يميل المرء أن يجيب أن النسخة المقلدة هي محاكاة تقريبية فقط غير كاملة للواقع. فعندما تحسب حركة كوكب ـ على سبيل المثال ـ دقة البيانات المدخلة، فإن الملاحظة تحددها. زد على ذلك إن برامج الحاسوب الواقعية تبسط كثيراً الحالة الفيزيائية، وذلك بإهمال التأثير المزعج للأشياء الثانوية، وما شابه. لكن يستطيع المرء ـ بالتأكيد ـ أن يتخيل المزيد المزيد من البرامج المتقدمة، والمزيد من البيانات التفصيلية حتى تكون المحاكاة ـ من أجل جميع الأهداف العلمية ـ غير قابلة لأن تُميَّز عن الواقع.

لكن ماذا لو فشلت المحاكاة عند مستوى ما من التفاصيل؟ كان يعتقد أن الإجابة لابد أن تكون نعم ـ طوال زمن طويل ـ استناداً إلى ما تم افتراضه أنه فارق أساسي بين الفيزياء الحقيقية وأية محاكاة رقمية. فالفرق له علاقة بمسألة قابلية الزمن المعكوس الاتجاه. فكما شرحت في الفصل الأول، قوانين الفيزياء قابلة للعكس، بمعنى أنها تبقى ثابتة إذا ما تم عكس الماضي والمستقبل، أي أنها لا تملك اتجاهاً زمنياً مفضلاً في بنيتها. فجميع الحاسبات الرقمية الموجودة تستخدم الطاقة كي تعمل. تظهر هذه الطاقة الضائعة كحرارة داخل الآلة، وينبغي التخلص منها. فتراكم الحرارة يفرض حدوداً عملية جداً على أداء الآلات الحاسبة، والبحث جارٍ للتقليل منها. بالإمكان إرجاع الصعوبة إلى العناصر المنطقية الأساسية في الحاسوب. كلما يحدث التشغيل ينتج الحرارة، وهذا أمر معروف من الحياة اليومية. وصوت الصعق الذي تسمعه عندما تشغل مفتاح الضوء هو بعض طاقة بددتها وتشتت كصوت، والباقي يظهر كحرارة داخل المفتاح. تكلفة هذه الطاقة مندمجة عمداً في تصميم المفتاح لضمان أنها تبقى في آن واحد في إحدى حالتيها المستقرتين: التشغيل والإطفاء. وإذا لم يكن هناك تكلفة طاقة مرتبطة بالتشغيل، سيكون هناك فرصة لأن ينثر Flip المفتاح تلقائياً.

إن تبديد الطاقة أثناء التشغيل أمر لا يمكن إلغاؤه، والحرارة تتسرب في البيئة وتضيع. إننا لا نستطيع لملمة طاقة الحرارة الضائعة وإعادتها إلى داخل شيء نافع دون التسبب بضياع المزيد من الطاقة أثناء عملية لملمتها. وهذا مثال على القانون الثاني في التيرموديناميك الذي يمنع إعادة تدوير للطاقة الحرارية في عمل مفيد. لقد أدرك بعض علماء الحاسوب أن هذا القانون هو قانون إحصائي ينطبق على جميع الأنظمة التي لها

عدة درجات من الحرية. إن مفاهيم الحرارة والأنتروبي تشمل هيجان Agitation فوضى المولات، وذات مغزى من أجل مجموعات كبيرة فقط من المولات. فهل بالإمكان تجنب توليد الحرارة تماماً، إذا ما أمكن تصغير الحاسبات بحيث يتم التشغيل الأساسي على المستوى الجزئي؟

على أية حال، بدا أن هناك تناقضاً بين مبدأ رئيسي وبين وجود هذه المثلنة Idealization. تأمل البوابة و And - مثلاً - الموضوع في الفصل السابق. فالإدخال له سلكان والإخراج له قناة واحدة، فكل هدف عملية And هو تحويل أشارتين داخليتين إلى إشارة مخرجة واحدة، وبكل وضوح غير قابلة للعكس. إذن لا نستطيع معرفة ما إذا كان غياب نبضة في السلك الخارجي هو بسبب وجود نبضة في سلك إدخال واحد، أو في الآخر، أم ليس هناك نبضة في كليهما. هذا القصور الأولي يعكس الحقيقة الواضحة: أن في الحساب العادي نستطيع أن نستنتج إجابات من أسئلة، لكن ليس العكس: أي لا نستطيع أن نستنتج السؤال من الإجابة. فإذا ما أعطيت أن الجواب لعملية ما هو ٤، فإن العملية قد تكون ٢+٢، أو ٣+١، أو ٤+٠ ويبدو من هذا أنه ليس بالإمكان تشغيل حاسوب خلفياً وذلك بسبب أصول المنطق الأساسي.

في الحقيقة هناك عيب في هذا العرض، وقد كشفه رولف لانداور Landaur وتشارلز بينيت في شركة IBM. لقد قالا إن عدم قابلية العكس هي ملازمة في الحوسبة، وبينا أنها تنبع من رمي المعلومات بعيداً. وبذلك فالقيام بعملية ١+٢+٢ قد يضيف المرء أولاً ٢+٢ ليحصل على الجواب ٤، ثم بجمع ٤+١ ليحصل على الجواب ٥. في هذا التسلسل للعمليات توجد خطوات متوسطة عندها فقط يتم الاحتفاظ بالعدد ٤، ويتم إهمال الخطوات الأصلية ٢+٢ على أنها لم تعد لها علاقة بالجزء المتبقي من الحساب. لكن ليس علينا أن نرمي المعلومات بعيداً، إذ بوسعنا الاحتفاظ بمسارها طيلة العملية. وهذا يعني - بطبيعة الحال - تكبير حيز الذاكرة كي تلائم المعلومات الإضافية، ويمكننا كذلك من إبطال أي حساب عند أي مرحلة عن طريق العمل خلفاً من الجواب إلى السؤال.

لكن هل بالإمكان تصميم بوابات التشغيل المناسبة كي تطبق هذا المنطق القابل للعكس؟ لقد اكتشف إدفريدكين Edfredkin من شركة MIT أن ذلك ممكن. بوابة فريدكين لها قناتا إدخال وإخراج زائد قناة ثالثة هي قناة تحكم. يتم التشغيل

كالمعتاد،لكن بطريقة تحتفظ بالمعلومات المدخلة في قنوات المخرجات. بالإمكان القيام بالحساب بشكل معكوس حتى على آلة تبديدية، أي على آلة تبدد ـ حتماً ـ الطاقة بطريقة معكوسة. لكن على المستوى النظري يستطيع المرء أن يتخيل نظاماً ممثلاً سيكون فيه كلا الحساب والفيزياء قابلين للعكس. لقد صمم فريدكين ترتيباً خالياً لكرات قاسية ترتد بطريقة يتم التحكم بها بشكل دقيق عن حواجز ثابتة. هذا الترتيب يستطيع فعلاً أن يطبق عمليات منطقية بطريقة معكوسة. حاسبات عكسية وهمية قد تم تصورها أيضاً.

هناك مسألة هامة تتعلق بمكانة الآليات الخلوية كحاسبات. فحاسبات Life game ليست قابلة للعكس، لأن القواعد الموضوعة من أجل اللعبة ليست قابلة للعكس «سلاسل النموذج لا يمكن تسيرها خلفاً». إلا أن نوعاً مختلفاً من آليات خلوية تستطيع نمذجة نظام كرة وحاجز القابلة للعكس قد تم تركيبه على يد نورمن مارغولوس Margolus. وبالنظر إلى مستوى Automaton يونيفرس، فإن هذا حاسوب قابلاً للعكس فعلاً، سواء حاسوبياً Computationally أم فيزيائياً على الرغم من أنه لا يزال تبديد قابل للعكس عن مستوى الحاسوب الالكتروني الذي يطبق الآليات الخلوية.

حقيقة أن بالإمكان تنفيذ الحوسبة بشكل معكوس تزيل فارقاً حاسماً بين محاكاة الحاسوب وفيزياء العالم الواقعي الذي يحاكيه الحاسوب. يستطيع المرء أن يعكس المحاكمة العقلية وأن يسأل إلى أي مدى العمليات الفيزيائية لعالم الواقع هي عمليات حسابية. فإذا كانت مفاتيح التشغيل القابلة للعكس غير ضرورية، فهل تستطيع حركة الأجسام العادية أن تعتبر كجزء من عملية حساب رقمية؟ فقبل بضعة سنوات، أثبت أن أنظمة قابلة للعكس مثل Life، بالإمكان برمجتها لتقوم بأية عملية حسابية رقمية مهما كانت، وذللك باختيار مناسب لحالتها البدئية، وهذه الخاصية تدعى Computational Universality. ففي حالة Life فإنها تعني نموذجاً أولياً بالإمكان اختياره، والذي سيضع نقطة في مكان معطى لنقل رقماً محدداً هو عدد أولي. وسوف يصنع نموذجاً آخر، إذا كان هناك معادلة محددة لها حل وما شابه. بهذه الطريقة، بالإمكان استخدام Life game كي تتقصى مسائل رياضية غير محلولة من نظرية Fermat للعالم.

فمؤخراً تم إيضاح أن أنظمة جبرية قابلة للعكس مثلما أن حاسوب كرة وحاجز

لفريدكين هي أيضاً عامة حوسبياً. وأن حتى بعض الأنظمة غير الجبرية تشارك في هذه الخاصية. لذلك يبدو أن هذه مجرد خاصية مشتركة بين الأنظمة الفيزيائية. فإن يمتلك نظام هذه الخاصية، فإنه ـ بالتعريف ـ قادر أن يسلك مثل أي نظام معقد لدرجة أنه يستطيع أن يحاكي رقمياً. وهناك بينة على أن حتى نظاماً بسيطاً مثل ثلاثة أجسام متحركة تحت تأثير جاذبية متبادلة «مثلاً كوكبين يدوران حول نجم» يمتلك خاصية عمومية الحوسبة. فإذا كانت الحالة كذلك، فعن طريق اختيار صحيح لمواقع وسرعات الكواكب في لحظة ما، فإن باستطاعة النظام أن يتم تصميمه كي يحسب أعداداً مثل pi، أو تريليون عدد أولي، أو نتيجة اصطدام بليون glider فيLife universe. فهذه الثلاثية التي تبدو بسيطة بالإمكان أن تستخدم لمحاكاة الكون كله، إذا كان الكون قابلاً للمحاكاة رقمياً، كما يزعم بعض المتحمسين.

لقد اعتدنا على اعتبار الحاسبات كأنظمة خاصة جداً تتطلب تصميماً بارعاً. إن الحاسبات الالكترونية معقدة، بكل تأكيد، لكن هذا لأنها متحولة جداً. لقد لقي الكثير من العمل البرمجي عناية في تصميم الآلة: ليس علينا فعله في كل مرة عبر الشروط البدئية. لكن المقدرة على الحساب شيء يبدو أن الكثير من الأنظمة الفيزيائية تمتلكه، ومن بينها الأنظمة البسيطة جداً. هذا يطرح مسألة ما إذا كانت أنشطة الذرات أو حتى الجسيمات دون الذرية بالإمكان حسابها. لقد أجرى الفيزيائي ريتشارد فينمنFeynman دراسة لهذه النقطة التي أوضحت أن حاسوباً قابلاً للعكس يعمل عند مستوى دون الذري بالتوافق مع قوانين آليات الكوانتم، فتلك إمكانية فعلاً. وبالتالي هل نستطيع أن نعتبر العمليات الذرية التي لا تحصى مستمرة بشكل طبيعي طوال الوقت، عمليات داخلك، وداخلي، داخل النجوم وداخل الأفلاك، والمجرات البعيدة كجزء من حوسبة كونية هائلة؟ إذا كان الأمر كذلك، إذن تصبح الفيزياء والحوسبة متطابقتين، وسوف نصل إلى النتيجة المدهشة: الكون سيكون هو محاكاتنا الخاصة له.

هل الكون حاسوب؟

يجيب العالم إدفريدكين على هذا السؤال «بنعم». إنه يعتقد أن العالم الفيزيائي هو آلة سيليوليير أو ماتون «آلة خليوية ذاتية الحركة» هائلة، ويزعم أن دراسة هذه الآلة تكشف أن بالإمكان محاكاة السلوك الفيزيائي الحقيقي لهذه الآلة، من ضمن ذلك التعديلات كالنسبية. وزميله توم توفولي toffoli يشاركه هذا الرأي. فذات مرة قال إن الكون حاسوب، لكن المشكلة الوحيدة هي أن شخصاً ما يستخدمه. أما نحن فمجرد «بق bugs» في هذه الآلة الكونية الكبيرة «كل ما علينا فعله هو أن نمتطي على هذه الحوسبة المستمرة الهائلة. ونحاول أن نكتشف أي أجزاء منها يتصادف أن تمر قريباً من المكان الذي نريد»(٤).

إن فريدكين وتوفولي لهما أنصار في رأيهما المذهل هذا، ويمكننا القول إن حتى عمل الفيزيائي تيبلر tippler قد دافع بقوة عن فكرة مساواة الكون مع محاكاته الخاصة. وكما يقول تيبلر، لا حاجة لأن تتم المحاكاة على حاسوب حقيقي. فبرنامج الحاسوب هو ـ في نهاية المطاف ـ مجرد تحويل رسم مخطط لمجموعة واحد من رموز مجردة إلى أخرى وفقاً لبعض القواعد: مدخلات تعطي مخرجات. إن حاسوباً فيزيائياً يقدم تمثيلاً ملموساً لهذا المخطط مثلما أن العدد الروماني III هو تمثيل للعدد المجرد ٣. ومجرد وجود هذا الرسم، وإن يكن بالتجريد في مجال القواعد الرياضية، فذلك أمر كافٍ بالنسبة لتيبلر.

ينبغي أن نوضح أن نظرياتنا الفيزيائية الحالية ليست مصوغة ـ عموماً ـ بنفس الطريقة التي تصاغ فيها خوارزميات الحاسوب، لأنها تستخدم مقادير تتغير باستمرار. فالزمان والمكان على وجه الخصوص يعدان أنهما مستمران. فكما يشرح ريتشارد فينمان Feynman الأمر «إمكانية وجود محاكاة دقيقة يقوم بها الحاسوب بدقة مثل

الطبيعة، إن كل شيء يحدث في عدد محدد من عمليات منطقية. إن نظرية الفيزياء الراهنة ليست هي بتلك الطريقة، كما يبدو. إنها تسمح للمكان بالنزول إلى مسافات متناهية الصغر». ومن ناحية ثانية، إن استمرارية المكان والزمان هي مجرد أفتراضات عن العالم، وليس بالإمكان البرهنة عليها، لأنه ليس باستطاعتنا التأكد من أن في مجال حجم صغير ـ أقل ما يمكن ملاحظته ـ فإن الزمان والمكان قد لا يكونان منفصلين. ما الذي يعنيه هذا؟ إنه يعني أن الزمان تقدم في قفزات قليلة، كما في آلية خليوية ذاتية، بدلاً من أن يتقدم بيسر ويشبه هذا الوضع فيلماً سينمائياً يتقدم لقطة تلو أخرى. فالفيلم يظهر لنا أنه مستمر لأننا لا نستطيع أن نلاحظ الفترات الزمنية القصيرة بين اللقطات. الشيء ذاته يحدث في الفيزياء، فتجاربنا الراهنة تستطيع أن تقيس فترات من الزمن قصيرة، مجرد ١٠ أس ـ ٢٦ ثانية، إذ ليس هناك دلائل على أية قفزات عند ذلك المستوى. لكن مهما يكن قرارنا جيداً، ما تزال هناك إمكانية أن القفزات البسيطة ما تزال أصغر. وتنطبق ملاحظات مماثلة على الإمكانية المفترضة لاستمرار المكان. ولذلك فإن هذا الاعتراض على محاكاة دقيقة للواقع، ربما ليس مصيرياً.

إلا أنه ما يزال هناك اعتراض على أن المُصَوَّر مميز عن المكان. فحتى لو وجد حاسوب كوني قوي أكثر مما نفكر به، وأنه قادر أن يحاكي تماماً النشاط لكل ذرة في الكون، فبالتأكيد لن يحتوي الحاسوب فعلاً على كوكب الأرض وهي تتحرك في الفضاء، إلا إذا كان أدم وحواء موجودين في الكتاب المقدس. فمحاكاة الحاسوب تعد مجرد تمثيل أو صورة للواقع. فكيف يستطيع أي امرئ أن يزعم أن النشاط الجاري داخل حاسوب الكتروني يستطيع أن يخلق عالماً حقيقياً؟

يعترض تيبلر بالقول إن هذا الاعتراض سارٍ فقط من منظور خارج الحاسوب. فإذا كان الحاسوب قوياً بما يكفي كي يحاكي الواقع، وعن طريق المماثلة فإن جماعة كاملة من الكائنات البشرية الواعية، من منظور الكائنات البشرية داخل الحاسوب، فإن العالم المحاكى سيكون حقيقياً: فالمسألة الرئيسية هي: هل الناس المُقلَّدين، موجودين؟ فحسب ما يستطيع الناس المقلدون أن يقولوا، نعم أنهم موجودين. فعن طريق الافتراض أي عمل يستطيع الناس الحقيقيون فعله ويفعلونه كي يحددوا ما إذا كانوا موجودين فإنهم يتفاعلون مع البيئة، والناس المقلدون أيضاً يستطيعون أن يفعلوا ذلك. ليس هناك سبيل أمام الناس المقلدين لأن يعرفوا أنهم «فعلاً» داخل الحاسوب، وأنهم حقيقيون، وأنهم

ليسوا سوى نسخ تقليدية فقط. إنهم لا يستطيعون الوصول إلى المادة الحقيقة ـ إلى الحاسوب الفيزيائي ـ من حيث هم موجودين داخل البرنامج. وليس هناك سبيل أمام هؤلاء داخل هذا الكون المحاكي لأن يقولوا أنهم مجرد نسخ مقلدة، وأنهم مجرد سلسلة أعداد رميت داخل الحاسوب، وأنهم ليسوا حقيقيين.

مناقشة تيبلر كلها مبنية على إمكانية أن الحاسوب يستطيع أن يحاكي الوعي، فهل هذا معقول؟ تخيل الحاسوب محاكياً كائناً بشرياً. فإذا كانت هذه المحاكاة دقيقة حقاً، فإن مراقباً بشرياً من الخارج ـ لم يكن يعرف الظروف ـ لن يكون قادراً أن يقول من خلال محادثة مع النسخة المقلدة ما إذا كانت موجودة في الحاسوب، أم أنها كائن بشري في أحد العوالم. باستطاعة المراقب أن يستجوب النسخة المقلدة وأن يحصل على إجابات ذات معنى تام مثل إجابات البشر. وكنتيجة لذلك سيكون المراقب ميالاً لأن يستنتج أن النسخة المقلدة كانت واعية تماماً. في الحقيقة، لقد تحدث آلان تورنغ عن هذه القضية في ورقة قدمها إلى حلقة بحث بعنوان «هل تستطيع الآلات أن تفكر؟» وفيها صاغ استجواباً اختبارياً. قد يعتبر بعض الناس أن فكرة آلات تمتلك وعياً أمراً مستهجناً بل وسخيفاً حتى، بيد أن علماء وفلاسفة مرموقون من مدرسة Ai قد قالوا ـ على هذا الأساس ـ أن عقلاً مقلداً سيكون واعياً.

أما من هم مستعدون للمضي بالفكرة بأن حاسوباً قوياً سيكون واعياً، إلا أنها مجرد خطوة صغيرة لتقبل ـ من حيث المبدأ ـ أنه قد يكون بوسع حاسوب أن يولّد جماعة عاملة من كائنات واعية. ومن المفترض أن هؤلاء سيفكرون، ويشعرون، ويعيشون، ويموتون في عالمهم المقلّد غافلين تماماً عن حقيقة أنهم موجودين من خلال كياسة مشغِّل الحاسوب الذي يستطيع أن يوقف التشغيل في أية لحظة. سيكون هذا ـ وبكل دقة ـ وضع الحيوانات الذكية التي تحدث عنها كونوي فيLife universe. لكن كل هذا النقاش يفتقر إلى السؤال التالي: كيف نعرف أننا نحن ـ أنفسنا ـ أننا «حقيقيون» ولسنا مجرد نسخة مُقلّدة داخل حاسوب عملاق؟ وكما يقول تبيلر إننا ـ وبكل وضوح «لا نستطيع أن نعرف ذلك». لكن هذا أمر مهم؟ يقول تيبلر إن الوجود الحقيقي للحاسوب هو كون غير متحقق للكائنات البشرية داخله، وهذا أمر ليس بذي علاقة. فكل ما هو مهم هو وجود برنامج مجرد مناسب قادر على محاكاة الكون. وبناء على المبدأ ذاته فإن الوجود الفعلي لكون فيزيائي أمر ليس بذي علاقة: «فمثل هذا الكون

الحقيقي فيزيائياً سيكون مساوياً لشيء كانطي «من اسم الفيلسوف كانط» بحد ذاته. إننا بوصفنا ـ تجريبيون ـ مجبرون على أن نستغني عن مادة لا سبيل إلى معرفتها: الكون يجب أن يكون برنامجاً مجرداً»(٧).

العائق في هذا الوضع (بصرف النظر عن سمة فيه هي أنه يؤدي إلى الحال) هو أن عدد البرامج المجردة الممكنة عدد لا نهائي. فلماذا نعرف هذا الكون بالتحديد؟ يعتقد تيبلر أن جميع الأكوان الممكنة التي تستطيع أن تساند الوعي قد تم تجريبها فعلاً، وكوننا ليس هو الكون الوحيد، بكل وضوح، إننا نرى هذا الكون، تحديداً، لكن توجد أكوان أخرى، والعديد منها مماثل لكوننا، بالنسبة لساكنيها فإن كونهم حقيقي مثلما هو كوننا بالنسبة لنا. (هذا هو أحد تنوعات تفسير تعددية الأكوان لآليات الكوانتم، وهذا ما يعرفه عدة فيزيائيين مرموقين، هؤلاء الذين تحدثت عنهم بشكل مفصل في كتابي/ عوالم أخرى/: فتلك البرامج التي تشفِّر أكواناً غير قادرة على دعم كائنات واعية تمضي دون أن يلحظها أحد، ولربما لذلك، بالإمكان اعتبارها (بمعنى ما) أقل من حقيقيين. فمجموعة البرامج القادرة على أن تولد أكواناً مُدْرَكَة ستكون مجموعة فرعية صغيرة من مجموعة جميع البرامج الممكنة، إذ بالإمكان اعتبار كوننا أنه نموذجي.

البعيد المنال

إذا كان الكون هو مُخْرجاً Output لعملية حسابية، إذن ينبغي أن يكون الكون بالتعريف قابلاً للحساب Computable. بدقة أكثر يجب أن توجد خوارزميات رياضية، بالإمكان أن نستمد منها في عدد محدود من الخطوات وصفاً صحيحاً للعالم. فإذا ما عرفنا ذلك المنوال سيكون لدينا نظرية تامة عن الكون، من ضمنها قيماً عددية لجميع المقادير الفيزيائية القابلة للقياس. فماذا يستطيع المرء أن يقول عن هذه الأعداد؟ فإذا كانت نتاج عمليات حسابية، فلا بد أن تكون أعداداً يمكن حسابها. لقد تم افتراض أن جميع المقادير القابلة للقياس ـ التي تنبأت بها نظرية فيزيائية ـ ستكون أعداداً قابلة للحساب. لكن هذا الافتراض واجه ـ مؤخراً ـ تحدياً على يد الفيزيائيين روبرت غيروش Geroch، وجيمس هارتل، عندما أوضحا أن نظريات فيزيائية موجودة قد تعطي تنبؤات لكميات قابلة للقياس، التي هي أرقام غير قابلة للحساب. فمع أن على هذه النظريات أن تتعامل ـ بالأحرى ـ مع موضوع تقني لخصائص الكوانتم المكان ـ الزمان إلا أنها تطرح نقطة مبدئية هامة.

افترض أن نظرية تلقى القبول تتنبأ بعدد X غير قابل للحساب من أجل كمية ما، على سبيل المثال نسبة كتلتين ذريتين غاية في الصغر دون ذرتين، فهل بالإمكان اختبار صحة النظرية؟ إن اختبار أي تنبؤ يشمل القيمة النظرية مع الجدوى التجريبية. وبوضوح، بالإمكان القيام بهذا ضمن مستوى ما من الضرورة. افترض أن الجدوى التجريبية محددة ضمن خطأ متوقع بحدود ١٠٪، سيكون من الضروري إذن أن نعرف X ضمن ١٠٪. مع أن X قد يوجد، إلا أن ما من رياضي محدد، أو طريقة منهجية تستطيع أن تجده، وهذا هو المقصود بالقول إنه غير قابل للحساب Uncomputable. من ناحية ثانية، إننا بحاجة لأن نعرف فقط ضمن ١٠٪. بالتأكيد من الممكن أن نجد خوارزميات

رياضية تنتج سلسلة مقاربات لـ X أفضل ومتتالية، وفي النهاية ضمن ١٠٪. إلا أن المشكلة هي، ما دمنا لا نعرف X فإننا لا نستطيع معرفة متى يصل إلى مستوى ١٠٪.

على الرغم من هذه الصعوبات، قد يكون من الممكن أن نجد مقارب ١٠٪ بطريقة ليست على شكل خوارزميات رياضية. النقطة الأولى هي بنية خوارزمية رياضية هي أن المرء يستطيع أن يضع كأساس مجموعة محددة من أوامر قياسية في البداية، ومن ثم تغدو مسألة ميكانيكية محضة أن نجد من خلال تلك الأوامر للوصول إلى النتيجة المطلوبة. ففي حالة عدد قابل للحساب مثل Pi يستطيع المرء أن يتخيل حاسوباً قادراً على الاستخراج، وعلى توليد سلسلة مقاربات أفضل، ومُضَمِّناً في شكل مخرجات Out put في كل خطوة بدقة كم كان ذلك المقارب جيداً. لكن هذه الاستراتيجية ـ كما رأينا ـ لن تفيد مع عدد غير قابل للحساب. فبدلاً من ذلك سيكون على واضع النظرية أن يتعامل مع كل مستوى من الدقة على أنه مسألة جديدة ينبغي معالجتها بطريقة مختلفة. لكن بحيلة ذكية قد يكون بالإمكان إيجاد مقارب ١٠٪ للعدد X. لكن قد لا تفيد نفس الحيلة بالضرورة للوصول إلى مستوى ١٪. وبالتالي سيكون واضع النظرية مجبراً أن يجرب استراتيجية مختلفة تماماً، وسيحتاج كل تقدم في الدقة التجريبية من المنظّر المسكين أن يعمل بجد أكثر كي يجد المقارب المناسب للقيمة المتنبئ بها.

يوضح غيروش وهارتل بعد أن وجدا أن نظرية هي عادة الجزء الصعب، أما تطبيقها فيكون عادة مجرد إجراء ميكانيكي. فمن أجل التوصل إلى قانوني الحركة والجاذبية، تطلب الأمر زمناً طويلاً من عبقرية نيوتن، لكن بالإمكان برمجة الحاسوب ليطبق النظرية بشكل أعمى، وأن يتنبأ بتاريخ الكسوف الشمسي القادم. ففي حالة نظرية تتنبأ أعداداً لا يمكن حسابها، قد يكون تطبيق النظرية أمراً صعباً، ولا يقل صعوبة عن إيجادها في المقام الأول. كما أنه لا يمكن رسم فارق واضح ـ فعلاً ـ بين هذين النشاطين.

سيكون من الأفضل ـ بالنسبة لواضع النظرية ـ ألا تكون نظرياتنا الفيزيائية أبداً على هذه الشاكلة. على أية حال لا نستطيع أن نكون متأكدين أنها ستكون كذلك دائماً. فقد تكون هناك أسباب ملزمة بالنسبة لنظرية محددة، التي يتضح ـ بعدئذ ـ أنها

تقدم تنبؤات لا يمكن حسابها، كما يقترح غيروش وهارتل، قد تكون الحالة لوصف الكوانتم للمكان ـ الزمان. فهل يجب تجاهل النظرية بناءاً على ذلك السبب؟ وهل هناك أي سبب لماذا على الكون أن يكون قابلاً للتطبيق خوارزمياً رياضياً؟ إننا لا نعلم سوى شيء واحد أكيد. وإذا لم يكن ذلك الشيء أكيداً، فإن التشابه الوثيق بين الطبيعة والحاسوب سينهار بكل تأكيد.

فإذا ما اتبعنا مقولة آينشتاين «إن الله بارع، لكنه ليس شريراً» فدعنا نفترض أننا نعيش فعلاً في كون قابل للحساب. فماذا إذن، هل نستطيع أن نتعلم عن طبيعة البرنامج الذي من أمثال فريدكين وتيبلر يودان منا أن نعتقد أنه هو مصدر واقعنا؟

ما لا سبيل إلى معرفته

فكر للحظة بحالة برنامج مستخدم في حاسوب الكتروني، على سبيل المثال لضرب سلسلة من الأعداد. فجوهر المفهوم هو أن البرنامج يجب أن يكون بمعنى ما أسهل في إنشائه من العمليات المصمَّم للقيام بها. فإذا لم يكن الأمر كذلك، فإن المرء لن يكترث بالحاسوب، وسينفذ العمليات الحسابية مباشرة وبكل بساطة. إحدى الطرق لوضع هذا، هو القول إن برنامج حاسوب مفيد يستطيع أن ينتج معلومات أكثر (أي نتائج عمليات ضرب كثيرة) مما يحتوي بذاته. وهذا ليس أكثر من طريقة خيالية للقول في الرياضيات إننا نبحث عن قواعد بسيطة بالإمكان استخدامها مرة تلو مرة، حتى في عمليات الحساب المعقدة جداً. على أية حال، ليس جميع العمليات الرياضية بالإمكان تنفيذها ببرنامج أقل تعقيداً من العملية ذاتها. إن وجود أرقام غير قابلة للحساب يعني أن بالنسبة لبعض العمليات لا توجد برامج لها. وبالتالي فإن بعض العمليات الرياضية هي صعبة جداً لدرجة أنه من غير الممكن تعبأتها في برنامج مضغوط على الإطلاق.

وفي العالم الطبيعي نواجه بتعقيد هائل، والسؤال الذي يظهر هو ما إذا كان بالإمكان وصف هذا التعقيد وإدخاله في وصف قرص مضغوط. لنطرح الأمر بشكل مختلف! هل برنامج الكون أبسط ـ بشكل رئيسي ـ من الكون ذاته؟ هذا سؤال عميق جداً عن طبيعة العالم الفيزيائي. فإذا كان برنامج الحاسوب أو خوارزميات أبسط من النظام الذي يصفه يقال إن النظام يكون قابلاً للانضغاط خوارزمياً رياضياً.

قبل أن نلتفت إلى هذا السؤال، سيكون من المفيد أن نتناول فكرة الضغط الخوارزمي الرياضي بتفصيل أكثر. ظهر موضوع نظرية المعلومات الخوارزمية في ستينات القرن العشرين على يد غريغوري شايتين Chaitin من شركة IBM. فجوهر الفكرة قائم على سؤال بسيط جداً: ما هي الرسالة الأقصر التي تستطيع أن تصف نظاماً إلى حد

معين من التفصيل؟ إن نظاماً بسيطاً بالإمكان وصفه بسهولة، لكن نظاماً معقداً لن يستطيع ذلك. (حاول - على سبيل المثال - وصف بنية حيد مرجاني بنفس العدد من الكلمات المطلوبة لوصف مكعب من الجليد). يقترح شايتين وكولموغروف Kolmogrove أن تعقيد شيء ما يعرف على أنه طول أقصر وصف ممكن لذلك الشيء.

دعنا نرى كيف يعمل هذا مع الأرقام. هناك أعداد بسيطة مثل ٢ و Pi وأرقام معقدة مثل سلسلة من واحدات وأصفار متولدة من رمي قطعة نقدية (الصورة هي الصفر، والكتابة هي الواحد). فما هي نوعية الأوصاف التي نستطيع أن نعطيها والتي تحدد هذه الأرقام بشكل فريد؟ إحدى الاستراتيجيات هي ببساطة أن نكتبها في شكل عشري أو ثنائي، Pi بالإمكان أن تعطى بدرجة من التقريب لأن لها امتداد عشري لا نهائي). لكن هذا ليس الوصف الأكثر إيجازاً. سيكون من الأفضل - على سبيل المثال - وصف الرقم Pi بإعطاء صيغة بالإمكان استخدامها لحسابه على أية درجة مرغوبة من التقريب. فإذا كانت الأعداد المعنية تعتبر أنها مخرجات حاسوب output، إذن الوصف الأقصر لعدد، سيكون البرنامج الأقصر الذي سوف يمكن الحاسوب من استخراج ذلك العدد. فالأرقام البسيطة سوف تُولَّد عن طريق برامج قصيرة، وأعداد معقدة ببرامج طويلة.

الخطوة التالية هي أن نقارن طول العدد مع طول البرنامج الذي يولّده، فهل هو أقصر؟ هل تم إحراز انضغاط؟ لجعل هذا أكثر دقة، افتراض أن مخرج الحاسوب يعبر عنه سلسلة من واحدات وأصفار مثل:

١٠١١٠١٠١١١٠٠٠١٠١٠٠١١٠١٠١٠٠١

فهذه السلسلة سيكون لها محتوى معلوماتياً يقاس في bits. نريد أن نقارن كمية المعلومات في مستخرجات output مع محتوى المعلومات للبرنامج ذاته. لنأخذ مثالاً بسيطاً. افترض أن المخرج هو: ١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠١٠

فهذا بالإمكان توليده بالخوارزمية البسيطة «اطبع ١٠ خمس عشرة مرة». مُخرج أطول من ذلك بكثير بالإمكان توليده بالبرنامج «اطبع عشرة مليون مرة». فالبرنامج الثاني ليس أكثر تعقيداً من الأول، مع أنه يولد مخرجات أكبر بكثير. الدرس هو أن، إذا كان المخرج يحتوي أية نماذج، فإن هذه النماذج بالإمكان تشفيرها في خوارزمية بسيطة

قد تكون أقصر كثيراً (من حيث مكونات المعلومات) من المخرج ذاته. وفي هذه الحالة يقال إن السلسلة قابلة للإنضغاط خوارزمياً. وبالعكس إذا كان لا يمكن توليد السلسلة عن طريق خوارزمية أقصر من ذاتها كثيراً، فإنه يكون غير قابل للانضغاط خوارزمياً. في هذه الحالة، لن يكون للسلسلة انتظامات أو نماذج مهما كانت. إنه سيكون جمعاً عشوائياً من واحدات وأصفار. بهذه الطريقة، كمية الانضغاط الخوارزمي الممكن بلوغها بالإمكان اعتبارها قياساً مفيداً من البساطة أو البنية الموجودة في المخرج output، بدرجة انضغاط قليلة، لأن الانضغاط مقياس التعقيد. فسلاسل منتظمة بسيطة قابلة للانضغاط كثيراً، بينما سلاسل لا نموذج لها ومعقدة تكون أقل قابلية للانضغاط.

يقدم الانضغاط الخوارزمي تعريفاً قوياً للعشوائية: فالسلسلة العشوائية هي السلسلة التي لا يمكن ضغطها خوارزمياً. وقد لا يكون سهلاً القول بمجرد النظر ما إذا سلسلة قابلة للانضغاط أم لا. فقد تمتلك نماذج دقيقة جداً مبنية فيها بطريقة غامضة. فكل من يحل شيفرة يعرف أن ما ينظر إليه بلمحة مثل كومة عشوائية من الحروف قد يكون في حقيقة الأمر بنية لرسالة، ولكي تعرفها فإن كل ما تحتاج إليه هو الشيفرة. فالاتساع العشري اللامتناهي (ونظيره الثنائي) للعدد Pi لا يظهر نماذج واضحة على الإطلاق أكثر من آلاف الأرقام. ويمر توزيع الأرقام بجميع الاختبارات الإحصائية النموذجية الموضوعة للعشوائية. فمن معرفة الأرقام الألف الأولى وحدها، ليس هناك سبيل للتنبؤ ماذا سيكون الألف وواحد. فمع أن Pi ليس خوارزمية عشوائية، لأن خوارزمية مضغوطة بالإمكان كتابتها لتولد امتدادها.

يوضح شايتين أن هذه الأفكار المعقدة رياضياً بالإمكان توسيعها بشكل مقنع، ولتشمل أنظمة فيزيائية: إن تعقيد نظام فيزيائي هو طول الحد الأدنى للخوارزمية التي تستطيع أن تحاكيه أو تصفه. فللوهلة الأولى، تبدو هذه المقاربة ـ بالأحرى ـ اعتباطية، لأنها لم تحدد بعد أي قطعة من الحاسوب تستخدم. لكن سرعان ما يتضح أن ذلك ليس بذي أهمية فعلاً، لأن جميع حواسب اليونيفرسال تستطيع أن تحاكي بعضها. وكذلك لغة الحاسوب التي يتم اختيارها لكي تعمل فيها Lisp، وBasie وFortran ليست بذات علاقة. فأن نكتب أوامر لترجمة لغة أخرى تتم بشكل مباشر. ويتضح أن طول البرنامج الزائد المطلوب لتحويل اللغة ولتشغيل البرنامج على آلة أخرى هو نموذجياً تصحيح صغير جداً للطول الكلي للبرنامج. لذلك لا داعي لأن تقلق على الكيفية التي

صنع فيها الحاسوب الذي نستخدمه. وهذه نقطة هامة. ففي حقيقة الأمر، تعريف التعقيد مستقل عن الآلة، مما يعني أنه يلتقط مزية موجودة في النظام،وليس فقط عمل الطريقة التي نختارها لوصفها.

كيف يستطيع المرء أن يعرف ما إذا خوارزمية محددة فعلاً الأقصر لما هو ممكن فعلاً، والقلق حول هذه النقطة قلق مشروع. فإذا ما تم إيجاد خوارزمية أقصر، فالإجابة ستكون عندئذ كلا واضحة. لكن ـ كما يتضح ـ أن من المحال أن تكون متأكداً من أن الإجابة هي نعم بكل وضوح. بالإمكان إرجاع السبب إلى نظرية غوديل المتعلقة بعدم إمكانية الحسم. تذكر أن هذه النظرية بنيت على نسخة رياضية من مفارقة مرجعية ذاتية خاطئة «هذه المقولة هي زائفة». عدل شايتين الفكرة إلى موضوعات حول برامج الحاسوب. تأمل الحالة التالية: إن حاسوباً أعطي الأمر التالي «ابحث عن سلسلة من الأرقام الذي من الممكن أن يتولد ببرنامج أطول من هذا البرنامج». فإذا نجح البحث، فإن برنامج البحث ذاته سيكون قد ولد سلسلة من الأرقام، لكن عندئذ لا يمكن أن يكون سلسلة بالإمكان توليدها فقط ببرنامج أطول من هذا». والنتيجة الحتمية أن البحث سوف يفشل ولو استمر إلى الأبد. لذلك ما الذي يخبرنا به ذلك؟ كان المراد من البحث أن يجد سلسلة رقمية كان بحاجة لتوليد برنامج بمثل كبر برنامج البحث على الأقل، أي أن برنامجاً أقصر أمر مستبعد. لكن بينما يفشل البحث فإننا لا نستطيع إلغاء برنامج أقصر. إننا وبكل بساطة لا نعرف ما إذا كان السلسلة الرقمية بالإمكان تشفيرها في برنامج أقصر. في البرنامج الذي تصادف أن اكتشفناه.

تنطوي نظرية شايتين على معنى هام بالنسبة لسلاسل الأعداد العشوائية. أي سلاسل الأرقامDigit strings العشوائية. فكما شرحنا من قبل، إن السلسلة العشوائية هي سلسلة لا يمكن ضغطها خوارزمياً. لكن كما رأينا للتو، لا نستطيع أن نعرف ما إذا يوجد برنامج أقصر من أجل توليد تلك السلسلة أم لا. ولا نستطيع أن نعرف أبداً ما إذا قد اكتشفنا جميع الحيل لتقصير الوصف. ولذلك لا نستطيع إثبات أن سلسلة ما هي عشوائية على الرغم من أننا نستطيع دحضها عن طريق العثور على انضغاطCompression. إن هذه النتيجة هي الأكثر غرابة، لأن بالإمكان إثبات أن جميع السلاسل الرقمية تقريباً هي عشوائية، لكنك لا تستطيع بدقة أن تعرف أيها هي العشوائية.

من الممتع أن تظن أن أحداثاً عشوائية كما تبدو في الطبيعة قد لا تكون عشوائية على الإطلاق، وفقاً لهذا التعريف. فعلى سبيل المثال، لا نستطيع أن نكون متأكدين أن لا حتمية ميكانيك الكوانتم قد لا تكون كذلك. في نهاية المطاف، فإن نظرية شايتين تضمن أننا لا نستطيع أبداً أن نبرهن نتيجة سلسلة حسابات ميكانيكية كوانتية هي فعلاً عشوائية. إنها بالتأكيد تبدو عشوائية، وكذلك العدد pi. فما لم يكن لديك «الشيفرة» أو الخوارزمية التي تكشف عن الترتيب الكامن، فقد تكون تتعامل مع شيء عشوائي حقاً. هل يمكن أن يوجد نوع أكثر تفصيلاً من «شيفرة كونية»، خوارزمية سوف تولد نتائج أحداث كوانتم في العالم الفيزيائي، وبذلك يتم الكشف عن لا حتمية الكوانتم على أنها مجرد وهم؟ هل من الممكن أن يكون هناك «رسالة» في هذه الشيفرة التي تحتوي على أسرار كونية عميقة؟ لقد تلقف بعض اللاهوتيين هذه الفكرة، فأشار هؤلاء إلى أن لا حتمية الكوانتم تقدم نافذة لله كي يفعل في هذا الكون، كي يتلاعب عند المستوى الذري عن طريق تحميل «قرص الكوانتم» دون خرق لقوانين الفيزياء الكلاسيكية غير الكمومية. بهذه الطريقة، بالإمكان أن تنطبع غايات الله على كون لين دون مضايقة كبيرة لعلماء الفيزياء. وسوف أقدم اقتراحاً من هذا النوع في الفصل التاسع.

كان شايتين المتسلح بتعريفه للخوارزمية قادراً على إيضاح أن العشوائية تنتشر في الرياضيات كلها، والحساب ضمناً.فللقيام بذلك، فقد اكتشف عمليات عملاقة تضم سبعة عشر ألف متحول (تعرف فنياً باسم معادلةDiophantine)، والمعادلة تحوي على وسيط K الذي يستطيع أن يأخذ قيم أعداد صحيحة ١،٢،٣ الخ. ويسأل شايتين الآن إذا من أجل قيمة محددة ل K، فإن معادلته العملاقة تقبل عدداً محدداً أو لا نهائياً من الحلول. يستطيع المرء أن يتخيل اتباع الدور عبر كل قيمة محددة لـ K مدوناً الإجابات: محدود، محدود، لا نهائي، محدود، محدود، محدود. فهل سيكون هناك أي نموذج لهذه السلسلة من الإجابات؟ لقد برهن شايتين أنه لن يكون هناك نموذج. فإن نمثل «المحدود» بالصفر واللانهائي «بواحد»، إذن السلسلة الرقمية الناتجة صفر واحد وصفر صفر لا يمكن ضغطه خوارزمياً، إنه سيكون عشوائياً.

تنطوي هذه النتيجة على معاني مذهلة. إنها تعني ـ بشكل عام ـ إذا أخذت أحد قيم K، فليس هناك سبيل لمعرفة دون تفحص مكشوف ما إذا كانت تلك المعادلة

ديوفانتين تمتلك عدداً محدداً أو عدداً لا نهائياً من الحلول. بكلمات أخرى، لا وجود لطريقة منهجية لحسم مسبق للإجابات على أسئلة رياضية محددة تماماً: الإجابة عشوائية. و لا يرجى الفرج من حقيقة أن معادلة ديوفانتين ذات سبعة عشر ألف متحول هي بالأحرى زائدة oddment رياضية خاصة. فما أن تدخل العشوائية ميدان الرياضيات حتى تتفشى فيها شيئاً فشيئاً. فالصورة الشائعة عن الرياضيات كمجموعة حقائق دقيقة مرتبطة مع بعضها بمسائل منطقية محددة جيداً، يتكشف أمامنا أنها صورة خاطئة. هناك عشوائية وبالتالي عدم يقينية في الرياضيات، تماماً كما توجد في الفيزياء. فوفقاً لشايتين أنه يتعين على الرياضيات أن تعامل العلوم الطبيعية التي النتائج فيها تعتمد على خليط من المنطق والكشف التجريبي. يستطيع المرء أن يتنبأ بظهور جامعات تضم أقساماً للرياضيات التجريبية.

هناك تطبيق مسلٍ لنظرية المعلومات الخوارزمية يتعلق بعدد صغير غير قابل للحساب يعرف باسم أوميغا، والذي يحدده شايتين أنه الاحتمال بأن برنامج الحاسوب سوف يتوقف إذا كان مدخله input يتألف من عشوائي من أرقام ثنائية binary. فاحتمالية شيء ما هي عدد بين الصفر والواحد: فالقيمة صفر تقابل كونه مستحيلاً، والقيمة واحد كونه حتمي. بكل وضوح، ستكون أوميغا قريبة من الواحد لأن معظم المدخلات العشوائية ستظهر مثل الباقي إلى الحاسوب، الذي سوف يتوقف عندئذ بسرعة مظهراً رسالة خاطئة. على أية حال، بالإمكان إيضاح أن أوميغا غير قابلة للانضغاط خوارزمياً، وامتدادها الثنائي أو العشري عشوائي تماماً بعد الأرقام الأولى القليلة. لأن أوميغا معرفة بالمرجعية إلى مشكلة التوقف، إنها تشفر حلاً إلى المشكلة المتوقفة في سلسلة أرقامها. وهكذا فالأرقام الأولى في الامتداد الثنائي لأوميغا سوف يحتوي الجواب على المشكلة التي سوف توقف البرنامج، وتبقى كذلك إلى الأبد.

لقد أوضح تشارلز بينيت أن العديد من مسائل الرياضيات المعروفة وغير المحسومة مثل النظرية الأخيرة للعالم فيرمات Fermat بالإمكان صياغتها كمشكلة معرقلة، لأن هذه المسائل تتألف من افتراضات أن شيئاً ما لا يوجد، (في هذه الحالة مجموعة أرقام تلبي نظرية فيرمات). فالحاسوب بحاجة فقط لأن يبحث عن مثال مماثل، فإذا وجده فإنه سيتوقف، وإن لم يجده فإنه سوف يطن إلى الأبد. زد على ذلك إن معظم المسائل الهامة بالإمكان تشفيرها في برنامج يبلغ طوله بضع آلاف من الأرقام. لذلك فإن معرفة

الألف الأولى من الأرقام لأوميغا سوف يعطينا مدخلاً إلى حل جميع المسائل الرياضية الشهيرة من هذا النوع بالإضافة إلى حل جميع المسائل ذات التعقيد المشابه التي ربما تصاغ في المستقبل. ولقد قال بينيت «إنها تجسد مقداراً هائلاً من الحكمة في حيز صغير جداً، طالما أن الوحدات القليلة للألف الأولى التي بالإمكان كتابتها على قصاصة صغيرة من الورق، تحتوي على إجابات على أسئلة رياضية أكثر مما بالإمكان كتابته في الكون كله»(٨).

لسوء الحظ، بما أن أوميغا رقماً ليس قابلاً للحساب فلا يمكن الكشف عنه بأساليب بناءة مهما طال زمن عملنا عليه. وبالتالي ما لم يحدث إلهام غامض فإن أوميغا لن تكون معروفة لنا. وحتى إذا ما أعطينا أوميغا عن طريق وحي إلهي، فإننا لن نتعرف على ماهيتها كما هي عليه، لأن بما أنها عدد عشوائي فإنها لن تفصح عن ذاتها لنا على أنها خاصة في أي ناحية من النواحي. إنها ستكون مجرد كومة أرقام دون نموذج. وبما أن كل ما نعرفه هو قطعة هامة من أوميغا، فإن بالإمكان أن تكتب في كتاب دراسي مقرر في مكان ما.

الحكمة الموجودة في أوميغا هي حكمة حقيقية، لكنها مخبأة عنا إلى الأبد من خلال انتقادات المنطق وتناقضات المرجعية الذاتية. ربما أن أوميغا التي لا سبيل إلى معرفتها هي النظير «للأعداد السحرية» عند الإغريق القدامى،وبينيت شاعري بشكل إيجابي حيال معناها الغامض.

فطوال التاريخ بحث الفلاسفة والمتصوفون عن مفتاح للحكمة الكونية، عن صيغة محددة أو نص، عندما نعرفه ونفهمه، يقدم الإجابة على كل سؤال. فالكتاب المقدس، والقرآن، والكتب السرية الأسطورية الهرمسية، والقبالة اليهودية القروسطية قد عُدَّت كذلك. إن مصادر الحكمة الكونية محمية تراثياً من الاستخدام العرضي، لكونها صعب العثور عليها، وصعب أن تفهم متى تجدها، وخطر أن تستخدمها، وميالة لأن تجيب على المزيد من الأسئلة الأكثر عمقاً مما يود المستخدم لها أن يسأل. فالكتاب الباطني ـ مثل الله ـ أكثر بساطة، ومع ذلك لا يمكن وصفه، كلي المعرفة، ويحول كل من يعرفه. إن أوميغا بمعاني كثيرة هي عدد قبالي، بالإمكان أن نعرف عنه، لكن لا يمكننا أن نعرفه عبر العقل البشري. فأن نعرفه بالتفصيل سيكون على المرء أن يتقبل سلسلة أرقام غير قابلة للحساب بناءاً على الإيمان، مثله في ذلك مثل كلمات من نص مقدس(٩).

البرنامج الكوني

نظرية المعلومات الخوارزمية تقدم تعريفاً صارماً للتعقيد المبني على أفكار حسابية. متابعة موضوعنا «الكون كحاسوب»، أو بصحة أكثر كحوسبة فإن السؤال الذي يطرح ما إذا كان التعقيد الهائل للكون قابلاً للانضغاط خوارزمياً. هل يوجد برنامج مضغوط باستطاعته أن يولد الكون في جميع تفاصيله المعقدة؟

على الرغم من أن الكون معقد، إلا أنه ـ بكل وضوح ـ ليس عشوائياً، لأننا نلاحظ انتظامات فيه Regularities. فالشمس تشرق كل يوم بشكل مبرمج، وينتقل الضوء بنفس السرعة، وتتحول مجموعة الميونات Muons إلى نصف حياة مدتها لمليونين من الثانية وهلم جرا. هذه الانتظامات هي منتظمة فيما نسميه بالقوانين. فكما أكدت سابقاً، قوانين الفيزياء مماثلة لبرنامج الحاسوب، فإذا ما أعطيت الحالة البدئية لنظام مدخلات، يمكننا استخدام القوانين لحساب حالة تالية مخرجة.

إن المضمون المعلوماتي للقوانين يضاف إليه الحالات البدئية هو عموماً أقل بكثير من المخرجات output الكامنة. بطبيعة الحال قد يبدو أحد قوانين الفيزياء بسيطاً عندما يكتب على ورقة، لكن ـ عادة ـ تتم صياغته من خلال الرياضيات المجردة، التي هي بحد ذاتها تحتاج إلى القليل من حل الشيفرة. وما تزال المعلومات المطلوبة لفهم الرموز الرياضية حكراً على كتب مدرسية قليلة، بينما عدد الحقائق التي تصفها النظريات غير محدود. فالمثال الكلاسيكي هو أن معرفة موقع وحركة الأرض ولشمس والقمر تمكننا من التنبؤ بالخسوف والكسوف. وبذلك فإن مجموعة بيانات مدخلة تؤدي إلى مجموعات مخرجات كثيرة. ففي لغة Jargon الحاسوب، يمكننا القول أن مجموعة البيانات للخسوفات قد تم ضغطها في منوال عبر قوانين والظروف البدئية. وخلف تعقيد الطبيعة نجد بساطة الفيزياء كامنة.

أحد المؤسسين لنظرية البيانات الخوارزمية هو ري سولمونوف الذي اهتم شخصياً بهذا النوع من المسائل تحديداً. لقد أراد أن يجد وسيلة لقياس معقولية النسبة للفرضيات العلمية المتنافسة. فإذا كان بالإمكان تفسير مجموعة حقائق معطاة عن العالم بأكثر من نظرية واحدة، فكيف نختار بين هذه النظريات؟ هل باستطاعتنا أن نحدد نوعاً من قيمة كمومية quantitive إلى المنافسين؟ الإجابة المختصرة هي أن نستخدم مقص أوكام occam razor: تأخذ النظرية بأقل عدد من الافتراضات المستقلة. فإن يفكر المرء بنظرية مثل برنامج حاسوب، وحقائق الطبيعة كمخرجات ذلك البرنامج، عندئذ مقص أوكام يخبرنا أن نأخذ البرنامج الأقصر الذي يستطيع أن يولد تلك المخرجات المحددة. أي ـ لنقل ـ أن نفضل النظرية أو البرنامج الذي يقدم الانضغاط الخوارزمي الأعظمي للحقائق.

إذا ما نظرنا إلى كل المشروع العلمي بهذه الطريقة، فإن بالإمكان أن نراه مثل البحث عن انضغاطات خوارزمية لبيانات ملحوظة. فغاية العلم ـ في نهاية المطاف ـ هي إنتاج وصف موجز للعالم قائم على مبادئ موحدة نسميها قوانين. يقول العالم بارو «إنه دون تطور الانضغاط الخوارزمي، فإن العلم كله سوف يستبدل بعملية جمع تتسم بفقدان العقل التراكمي غير المتمايز لكل حقيقة متوفرة. فالعلم يتنبأ بناء على الاعتقاد بأن الكون قابل للانضغاط خوارزمياً، والبحث المعاصر عن نظرية أن كل شيء هو التعبير النهائي عن ذلك الاعتقاد. اعتقاد بأن هناك تمثيل مختصر للمنطق الكامن خلف خصائص الكون التي بالإمكان كتابتها في شكل محدد على يد الكائنات البشرية»(١٠).

فهل نستطيع أن نستنتج أن بالإمكان ضغط التعقيد الكوني كله في «برنامج كوني» شديد القصر، مثلما يتلخص التعقيد في Life universe في مجموعة قواعد بسيطة تطبق بشكل متكرر؟ فعلى الرغم من وجود أمثلة معروفة على الانضغاط الخوارزمي في الطبيعة، إلا أنه ليس بالإمكان ضغط كل نظام. فهناك صنف من العمليات التي قد تم التعرف على أهميتها مؤخراً، تعرف على أنها «فوضوية». فهذه العمليات لا تبدي انتظامات، ويبدو أن سلوكها عشوائي تماماً، بالتالي فإنها غير قابلة للانضغاط الخوارزمي. كان يعتقد أن العماء كان بالأحرى شواذاً، لكن أصبح العلماء يتقبلون أن العديد من الأنظمة الطبيعية هي فوضوية، أو أن بالإمكان أن تصبح كذلك

تحت وطأة ظروف محددة. فبعض الأمثلة المعروفة تشمل السوائل المضطربة، والنوى المتليفة، والنواسات المتحركة.

مع أن هذه الفوضى شائعة، إلا أنه من الواضح أن الكون كله هو أبعد ما يكون عن العشوائية. لكن الكون شديد البعد عن أن يكون بسيطاً. إنه يمتلك نوعاً دقيقاً من التعقيد الذي يضعه في منتصف الطريق للتعبير عن هذه الخاصية هي القول إن الكون لديه «تعقيد منتظم»، وهذا موضوع ناقشته مطولاً في كتابي «المخطط الكوني». هناك محولات كثيرة للفهم رياضياً العنصر المراوغ الذي يسمى التنظيم.

تعود إحدى هذه المحاولات إلى تشارلز بينيت، وتشمل شيئاً يسميه «عمقاً منطقياً». فهذه المحاولة تركز أقل على مقدار التعقيد أو كمية المعلومات المطلوبة لتحديد النظام، وأكثر على نوعيته أو «قيمته». ويشرح بينيت أن سلسلة نموذجية من رمي قطعة نقدية فيها مضمون معلوماتي عالٍ، لكن قيمة الرسالة قليلة. إن تقويم مواقع القمر والكواكب كل يوم لمدة مائة سنة ليس فيه معلومات أكثر من معادلات الحركة والشروط البدئية التي منها قد حسبت الحركة، لكنها توفر على صاحبها الجهد لإعادة حساب هذا الموقع. إن قيمة رسالة ما تبدو أنها تكمن فيما بالإمكان تسميته العمق المنطقي، أجزاء بالإمكان التنبؤ بها لكن بصعوبة، أشياء يستطيع المتلقي ـ من حيث المبدأ ـ أن يفكر بها دون أن يخربها، لكن بكلفة زمنية لا بأس بها: المال والحوسبة. بكلمات أخرى، إن قيمة رسالة ما هي مقدار المعقولية الرياضية، أو في عمل أخر يقوم به كاتبها، والتي تنقذ متلقيها من إعادتها(١١).

يدعونا بينيت لأن نفكر في حالة العالم على أنها معلومات مشفرة كامنة فيه. معلومات حول الطريقة التي أنجزت فيها الحالة في المقام الأول. القضية إذن هي كم مقدار «العمل» على النظام أن يبذله، أي كم استغرقت معالجة المعلومات للوصول إلى تلك الحالة. وهذا ما يسميه بالعمق المنطقي. فكمية العمل محددة من خلال الزمن المستغرق لحساب الرسالة من البرنامج الأقصر الذي سيولد الحالة. بينما التعقيد الخوارزمي يركز على طول أقل برنامج ليعطي نتيجة محددة، والعمق المنطقي يهتم بالزمن المبذول من أجل أقل برنامج لتوليد تلك النتيجة.

طبعاً، نستطيع أن نعرف فقط من خلال النظر إلى مخرجات الحاسوب بكل دقة

كيف قد أنتج المخرج. فحتى رسالة مفصلة وذات معنى قد تتولد عن طريق عمليات عشوائية. ففي المثال الشهير، إذا ما أعطي قرد الوقت الكافي، فإنه سوف يطبع مؤلفات لشكسبير، لكن وفقاً لأفكار نظرية البيانات الخوارزمية ومقص أوكام. فالتفسير الأكثر قبولاً هو من أجل مستخرج ما هو تحديد سببه بأقل برنامج، لأن ذلك يشمل أقل عدد من الافتراضات الخاصة.

ضع نفسك مكان فلكي راديوي «لاسلكي» يلتقط إشارة غامضة. فعندما ترتب النبضات في سلسلة هي المليون الأول من Pi، فماذا سوف تستنتج؟ فالاعتقاد أن الاشارة هي عشوائية يتضمن مليون نترة bits من افتراضات خاصة. بينما التفسير البديل: أن الرسالة نشأت بآلية مبرمجة لحساب pi سيكون مقبولاً أكثر. لقد حدثت حادثة من هذا النوع في ستينيات القرن العشرين، عندما كان جوسلين بيل Bel في جامعة كامبريدج يعمل مع أنطوني هيويش Heuish على علم الفلك اللاسلكي. التقط نبضات منتظمة من مصدر مجهول. لكنهما سرعان ما رفضا افتراض أن النبضات اصطناعية. على خلاف أرقام pi، سلسلة من نبضات محدودة المسافة بدقة ذات عمق منطقي قليل إنها ضحلة منطقياً. هناك تفسيرات معقولة عديدة ذات افتراضات معينة لنموذج منطقي كهذا، سرعان ما تم تحديد المصدر: نجم نيوتروني دوار، أو نجم خفي نابض pulsar.

إن النماذج البسيطة الضحلة منطقياً، قد تكون مولدة بسرعة ببرنامج بسيطة وقصيرة. والنماذج العشوائية ضحلة كذلك، لأن برنامج الأقل هو - بالتعريف - ليس أقصر بكثير من النموذج ذاته، لذلك نقول ثانية إن البرنامج قصير جداً وبسيط: إننا نحتاج لأن نقول شيئاً فقط مثل «نموذج طبعة print pattern». بيد أن النماذج عالية التنظيم تكون عميقة منطقياً، لأنها تتطلب إنجاز عدة خطوات في توليدها.

الأنظمة البيولوجية هي إحدى التطبيقات الواضحة على العمق المنطقي، وتقدم أبرز الأمثلة على التعقيد المنظم. ففي العضوية الحية عمق منطقي كبير، لأنه ليس من المعقول أن تكون قد نشأت إلا عبر سلسلة عمليات تطورية معقدة وطويلة جداً. وبالإمكان العثور على نظام معقد في النماذج التي تولدها آليات خليوية مثل Life. في جميع الحالات، القاعدة المستخدمة بسيطة جداً، لذلك من منظور منوال هذه النماذج

لديها فعلاً تعقيد متدنٍ. جوهر تعقيد Life لا يكمن في القوانين، بل في استخدامها المتكرر. على الحاسوب أن يعمل مبتدءاً بتطبيق القاعدة مرة بعد مرة، قبل أن يستطيع توليد نماذج معقدة جداً من حالات بدئية بسيطة.

إن العالم مليء بأنظمة معقدة تقدم دليلاً على «عمل» هائل في صياغتها. لقد ألمح موري جيل مان Mann ـ ذات مرة ـ إلى أن بالإمكان التعرف على أنظمة معقدة لأنها هي التي نريد أن نحافظ عليها، فالأشياء الضحلة بالإمكان إعادة بنائها بسهولة. إننا نثمن اللوحات، والنظريات العلمية، والأعمال الأدبية والموسيقية، والطيور، والنار، والألماس لأنها يصعب تصنيفها كلها. بينما السيارات، وبلورات الملح، وعبوات الصفيح فثمنها أقل لأنها نسبياً بسيطة.

لذلك ماذا نستطيع أن نستنتج حول البرنامج الكوني؟ لقد تحدث العلماء طوال قرون عن الكون باستفاضة، وأنه «منظم» دون أن يكون لديهم أي تمييز واضح بين أنواع النظم المختلفة: بسيطة ومعقدة. دراسة الحوسبة قد مكنتنا من أن ندرك أن العالم منظم، بمعنى أنه قابل للانضغاط الخوارزمي، وبمعنى أن فيه عمق. نظام الكون هو أكثر من مجرد انتظام محكم، إنه أيضاً تعقيد منظم، ومن هذه الخاصية يستمد الكون انفتاحه، ويسمح بوجود الكائنات البشرية بإرادة حرة. فطوال ثلاثمائة سنة الأخيرة، سيطر الانتظام على العلم: البحث عن نماذج بسيطة في الطبيعة. وفي السنوات الأخيرة، ومع ظهور الحواسب الالكترونية السريعة، فقد لاقت طبيعة التعقيد الأساسي الاستحسان والتقدير. لذلك نرى أن قوانين الفيزياء لديها وظيفة مزدوجة: يجب أن تقدم النماذج البسيطة التي تكمن خلف الظواهر الفيزيائية، ويجب عليها أيضاً أن تكون في الشكل الذي يمكِّن التعقيد المنظم العميق من أن يظهر. إن قوانين كوننا تمتلك هذه الخاصية المزدوجة الحاسمة، وهذه حقيقة لها مغزى كوني حقيقي.

الفصل السادس

السر الرياضي

صرح الفلكي جيمس جينز ذات مرة أن الله عالم رياضيات، وتعبر هذه الجملة الحافلة بالمعاني عن كناية بند الإيمان الذي يتبناه معظم العلماء تقريباً في أيامنا هذه. فالاعتقاد بأن النظام الكامن في العالم بالإمكان التعبير عنه في شكل رياضيات، إنما يكمن في قلب العلم ذاته، وقلما تخضع هذه الحقيقة للمساءلة. فهذا الاعتقاد يجري عميقاً جداً لدرجة أن فرعاً من العلم لا يعد مفهوماً كما يجب حتى تتم قولبته في لغة رياضية غير شخصية.

فكما رأينا فكرة أن العالم الفيزيائي هو أحد تبديات النظام الرياضي والانسجام بالإمكان أن تعزى إلى الإغريق القدماء. وقد بلغ ذلك أشده في أوروبا عصر النهضة من خلال أعمال غاليلو، ونيوتن، وديكارت ومعاصريهم. وقد عزز غاليلو هذه الفكرة عندما قال «سفر الطبيعة مكتوب بلغة رياضية». فلماذا يجب أن يكون هذا كذلك، هذا أحد أسرار الكون العظيمة. فعالم الفيزياء يوجين فيغنر Wigner كتب عن «الفعالية اللامعقولة للرياضيات في ميدان العلوم الطبيعية، مستشهداً بـ سي، س. بيرس Pierce «من المحتمل أن هناك سراً ما هنا، بانتظار أن يكتشف»(١). (وقد نشر مؤخراً كتاب مكرس لهذا الموضوع يضم تسعة عشر مقالة لعلماء (من ضمنهم مؤلف هذا الكتاب)، وقد فشلوا في اكتشاف هذا السر، أو حتى الوصول إلى أي إجماع حوله(٢). لقد تفاوتت الآراء من الذين يقولون إن الكائنات البشرية قد اخترعت الرياضيات لتناسب ـ ببساطة ـ حقائق التجربة، وصولاً إلى العلماء المقتنعين أن هناك مغزى عميقاً معنوياً خلف وجه الطبيعة الرياضي.

هل الرياضيات موجودة هناك مسبقاً؟

من الأهمية بمكان أن يكون لدينا فهم لماهية الرياضيات قبل أن نتناول موضوع «فاعليتها غير المعقولة». فيما يتعلق بماهية الرياضيات هناك مدرستان متعارضتان. الأولى تتبنى أن الرياضيات مجرد ابتكار بشري محض، وتقول الثانية بأن للرياضيات وجود مستقل. لقد قابلنا مسبقاً نسخة عن «الابتكار» أو الشكلانية، في الفصل الرابع عندما ناقشنا برنامج هيلبرت من أجل ميكنة برهان النظرية. فقبل نظرية غوديل كان من الممكن أن نعتقد أن الرياضيات تدريب شكلي كلياً، مكون من لا شيء أكثر من مجموعة ضخمة من قواعد منطقية تربط مجموعة من الرموز بمجموعة أخرى. وقد عُدَّ هذا الصرح بناءاً قائماً بذاته تماماً. وأية رابطة مع العالم الطبيعي قد عُدَّت عرضية، وليس لها أية علاقة مهما كانت بمشروع الرياضيات ذاته. وهذا يعني، أنه مهتم فقط بشرح واستكشاف نتائج القواعد الشكلية. فكما شرحنا في الفصول السابقة، دعمت نظرية غوديل غير المكتملة هذه المكانة الشكلانية الصارمة. مع ذلك، يتبنى علماء رياضيات كثيرون أن الرياضيات هي فقط من ابتكار العقل البشري، ولا معنى لها خارج ما ينسبه علماء الرياضيات إليها.

تعرف المدرسة المقابلة باسم المدرسة الأفلاطونية. كانت لدى أفلاطون نظرة ثنائية إلى الواقع. فمن ناحية، هناك العالم الفيزيائي الذي خلقه الإله الصانع، عالم زائل وغير أبدي. ومن ناحية ثانية، هناك عالم المثل، أزلي ولا يتغير، كنوع من نموذج مجرد للعالم الفيزيائي. أما الأشكال الرياضية فقد اعتبرها أنها تنتمي إلى هذا العالم المثالي. فوفقاً لأنصار هذه المدرسة، إننا لا نخترع الرياضيات بل نكتشفها. والأشكال الرياضية والقوانين تنعم بوجود مستقل: لأنها تتجاوز الواقع المادي الذي يواجه أحاسيسنا.

ومن أجل تحديد تركيز هذه الثنائية دعنا نستعرض مثالاً محدداً. فالعدد ٢٣ هو

أصغر عدد أولي من ٢٠. وهذه المقولة إما صح أو خطأ. إنه صحيح في واقع الأمر. فالسؤال المطروح أمامنا هو إذا القول صحيح بمعنى لا زمني مطلق. وهل كانت هذه المقولة صحيحة قبل ابتكار أو اكتشاف الأعداد الأولية؟ فالأفلاطوني سيجيب نعم، لأن الأعداد الأولية موجودة بشكل مجرد سواء علم البشر بوجودها أم لا. أما الشكلاني فإنه يستبعد السؤال على أنه لا معنى له.

ما الذي يعتقده علماء الرياضيات المحترفين؟ يقال إن الرياضيين هم ـ في أغلب الأحيان ـ أفلاطونيون في أيام الأسبوع وشكلانيون في أيام العطلة الأسبوعية. يصعب على المرء مقاومة الانطباع بأنه معني في عملية الاكتشاف، تماماً كما هي الحال في العلم التجريبي. فالأشياء الرياضية لها حياة خاصة بها، وتبدي ـ في أغلب الأحيان ـ خصائص غير متوقعة كلياً. ومن ناحية أخرى، فكرة تجاوز الرياضيات للمثل الرياضية يبدو غامضاً أكثر مما يجب، بل أكثر ما يقر به علماء رياضيات عديدين. وإذا ما تم تحديهم، فإنهم عادة ما يزعمون أنهم يلعبون ألعاباً بالرموز والقوانين عند انخراطهم في البحث الرياضي.

مع ذلك يقر بعض علماء الرياضيات المرموقين بأنهم أفلاطونيون. أحدهم هو كورت غوديل Godel الذي يبني فلسفته الرياضية على عمله في عدم أمكانية الحسم Undecid ability. قال معللاً ذلك، إنه سيكون هناك دائماً قضايا رياضية صحيحة، لكن لا يمكن البرهنة على صحتها انطلاقاً من مسلمات موجودة. تصور أن هذه القضايا موجودة «هناك في الخارج»، في عالم أفلاطوني خارج نطاق فهمنا. وهناك أفلاطوني آخر هو عالم الرياضيات في جامعة أوكسفورد روجر بينروس penrose الذي قال «الحقيقة الرياضية هي شيء يمضي تماماً إلى ما هو وراء مجرد الشكلية. ويبدو أن هناك حقيقة عميقة وراء هذه المفاهيم الرياضية، ماضية تماماً خلف مقاصد أي عالم رياضيات. وكأنما الفكر البشري هو حقيقة لها وجودها الخاص بها، والتي تتكشف جزئياً فقط إلى أي واحد منها، بدلاً من أن يكون موجهاً إلى حقيقة خارجية أبدية»(٤). يأخذ بينروس نظام الأعداد العقدية كمثال له، ولذلك يشعر أن النظام يمتلك «واقعاً عميقاً ولازمن له».

وهناك مثال آخراً ألهم بينروس تبني الأفلاطونية هو ما نسميه «مجموعة

ماندلبروت Mandelbrot» نسبة إلى اسم عالم الحاسوب في شركة IBM بينويت ماندلبروت. المجموعة هي شكل هندسي يعرف ك «عدد كسري» المرتبط بشكل وثيق بنظرية العماء chaos، ويقدم مثالاً رائعاً آخر على كيف يستطيع عمل تكراري بسيط أن ينتج مادة غنية التنوع وشديدة التعقيد إلى حد كبير. فالمجموعة يتم توليدها من تطبيقات متتالية للقاعدة Z2+2 حيث Z عدد عقدي، و2 عدد عقدي محدد. القاعدة بكل بساطة تعني: خذ عدداً عقدياً فليكن Z واستبدله ب Z2+2 ثم خذ هذا العدد ليكون Z وقم بنفس التبديل وهلم جرا مرة بعد مرة. بالإمكان رسم الأعداد العقدية المتتالية على صفحة من الورق (أو على شاشة الحاسوب) بينما تطبق القاعدة، ويتم تمثل كل عدد على شكل نقطة. فما تم العثور عليه هو أن بالنسبة لبعض الخيارات للعدد ٢ تغادر النقطة الشاشة حالاً. وفي خيارات أخرى تتجول النقطة على الشاشة إلى الأبد ضمن منطقة محددة. الآن كل خيار لـ ٢ يقابل نقطة على الشاشة، ومجموع كل نقاط ٢ يشكل مجموعة ماندلبروت. هذه المجموعة ذات بنية معقدة، بشكل غير عادي لدرجة أن من المحال التعبير عن جمالها المخيف في كلمات. وقد استخدمت بعض العروض الفنية أمثلة عديدة لأجزاء من المجموعة. وهناك سمة مميزة لمجموعة ماندلبروت هي أن بالإمكان تكبير أي جزء منها عدة مرات. وكل طبقة جديدة من الحل تجلب غنى ومتعة جديدين.

يشير بينروس إلى أنه عندما بدأ ماندلبروت بدراسة المجموعة فإنه لم يكن لديه تصور مسبق عن التفاصيل الخيالية الدقيقة الكامنة فيها: «التفاصيل الكاملة لتعقيد بنية مجموعة ماندلبروت لا يستطيع أي واحد منا أن يفهمها، ولا يمكن كشفها بواسطة أي حاسوب. يبدو أن هذه البنية ليست جزءاً من أذهاننا فحسب، بل لها وجود خاص بها. فالحاسوب يتم استخدامه ـ بشكل أساسي ـ بنفس الطريقة التي يستخدم فيها عالم فيزياء تجريبية جهازاً تجريبياً كي يستكشف بنية العالم المادي. مجموعة ماندلبروت ليست ابتكاراً أحرزه العقل البشري: لقد كان اكتشافاً: إنها مثل قمة إيفرست إنها هناك فقط»(٥).

يوافق مارتن غاردنر Gardner عالم الرياضيات المعروف على هذه النتيجة: «يجدها بينروس أنها غير قابلة للفهم (مثلما أجدها أنا) إنها موجودة هناك مثل قمة إيفرست خاضعة للاستكشاف بنفس الطريقة التي تستكشف بها غابة»(٦).

يطرح بينروس السؤال التالي «هل الرياضيات ابتكار أم اكتشاف؟ وهل ينجرف علماء الرياضيات بعيداً مع ابتكاراتهم لدرجة أنهم يسبغون عليها وجوداً زائفاً؟ أم هل علماء الرياضيات يكتشفون فعلاً حقائق ـ موجودة من قبل ـ وجودها مستقل تماماً عن أنشطة علماء الرياضيات؟ ففي إعلان دعمه لوجهة النظر الثانية يوضح بينروس أن في حالات مثل مجموعة ماندلبروت» الكثير يخرج من البنية أكثر مما يوضع فيها في المقام الأول. ففي حالات كهذه فقد تعثر علماء الرياضيات على «أعمال الله». كما ان بينروس يرى تشابهاً ـ في هذه الناحية ـ بين الرياضيات والروائع الفنية الملهمة: «إنه لشعور ليس شائعاً بين الفنانين، أنه في أعظم أعمالهم الفنية فإنهم يكشفون حقائق خالدة لها نوع من وجود أثيري قبلي ... ولا أستطيع إلا أن أشعر أن ـ مع الرياضيات ـ قضية الإيمان بنوع من وجود خالد أثيري هو أمر أقوى بكثير»(٧).

من اليسير أن نحصل على انطباع بوجود مشهد طبيعي ضخم لبنى رياضية، وأن الرياضيين يستكشفون هذه المنطقة الغريبة الملهمة، ربما بمساعدة مرشدة ذات خبرة أو عن طريق علامات المكتشفات الحديثة. فعلى طول الطريق يقابل هؤلاء العلماء الرياضيون أشكالاً ونظريات جديدة موجودة هناك من قبل. وعالم الرياضيات روي راكر Rucker يعتقد أن الأشكال الرياضية تحتل حيزاً عميقاً يسميه الفضاء العقلي تماماً مثلما تشغل الأشياء الفيزيائية حيزاً فيزيائياً. «أي شخص يقوم ببحث رياضي هو مستكشف للفضاء العقلي. بنفس الطريقة مثل آرمسترونغ، و ليفنستون، و كوستو، مستكشفو السمات الفيزيائية لكوننا». وسوف يمر مستكشفون متنوعون فوق نفس المنطقة ويذكرون ـ بشكل مستقل ـ مكتشفاتهم «فكما نشترك جميعاً في نفس الكون، فإننا نشترك جميعاً في الفضاء العقلي ذاته» كما يعتقد روكر. ويورد جون بارو أيضاً ظاهرة الإكتشاف المستقل في الرياضيات كدليل على «عامل موضوعي ما» مستقل عن التقصي والبحث. ويعتقد بينروس أن الطريقة التي يتبعها الرياضيون للتوصل إلى اكتشافاتهم، وينقل كل منهم النتائج الرياضية إلى الآخر تقدم دليلاً على عالم أفلاطوني، أو الفضاء العقلي: أتصور أنه كلما يفهم العقل فكرة رياضية فإنه يقيم اتصالاً مع عالم المفاهيم الرياضية الأفلاطوني... وعندما يرى المرء حقيقة رياضية، فإن وعيه يخترق عابراً في هذا العالم من الأفكار، ويقيم اتصالاً مباشراً به... وعندما يتواصل علماء الرياضيات، فهذا أمر ممكن لأن كلاً منهم لديه سبيل مباشر إلى الحقيقة، لا شعور

كل منهم يكون في موقع يؤهله أن يدرك الحقائق الرياضية بشكل مباشر، عبر هذه العملية من «الرؤية Seeing». وبما أن باستطاعة كل منهم أن يقيم اتصالاً مباشراً مع عالم أفلاطون، فإن باستطاعتهم أن يتواصلوا مع بعضهم على الفور، بسرعة أكبر مما نتوقع. فالصورة الذهنية التي ـ يمتلكها كل منهم ـ عند إقامة هذا الاتصال الأفلاطوني قد تكون ـ بالأحرى ـ مختلفة، مع كل حالة، لكن الاتصال ممكن لأن كلاً منهم على اتصال مباشر مع العالم الأفلاطوني ذاته الموجود أبدياً(٩).

ففي بعض الأحيان، يكون هذا الاختراق مفاجئاً ودراماتيكياً، ويقدم ما يسمى عادة الإلهام الرياضي. لقد قام عالم الرياضيات الفرنسي جاك هادأمارد Hadamrnd بدراسة هذه الظاهرة، ويورد حالة كارس غاوس Gauss الذي أمضى سنوات وهو يصارع مشكلة تتعلق بالأعداد الكاملة Whole numbers. «كومض من البرق مفاجئ تم حل الغز. فأنا شخصياً لا أستطيع القول ما هو الخيط الموصل الذي ربط بين ما كنت أعرفه سابقاً بالذي جعل نجاحي ممكناً»(١٠). كما يقدم هاد أمارد الحالة الشهيرة لهنري بونكاريه Poincare الذي أمضى زمناً طويلاً في محاولة حل المشكلة المتعلقة بوظائف رياضية محددة، لكن دون جدوى. فذات يوم قام بونكارية بنزهة جيولوجية، ومضى لكي يصعد إلى الباص. «أتت الفكرة إلي في اللحظة التي وضعت فيها قدمي على درجة الباص، ويبدو دون أن يمهد أي شيء في أفكاري السابقة الطريق إليها» كما قال بونكاريه نفسه(١١). كان متأكداً من أن المشكلة قد حلّت، لدرجة أنه وضعها في خلفية ذهنه، وتابع حديثه. وعندما رجع من الرحلة، كان قادراً أن يقدم البرهان فوراً في وقت استراحته. ويروي بينروس حادثة مماثلة عن عمله على الثقوب السوداء، وانفراديات الزمان ـ المكان Singularities. ففي أحد شوارع لندن، كان منهمكاً في حديث، وعلى وشك أن يجتاز طريقاً مزدحماً عندما خطرت له فكرة حاسمة بشكل خاطف. لدرجة أنه عندما استأنف الحديث على الجانب الآخر من الطريق، كانت الفكرة قد غابت عن ذهنه. وبعد فترة لاحقة، أصبح مدركاً لشعور زهو غريب، فاستعاد أحداث اليوم في ذهنه، فتذكر أخيراً الومض الملهم الخاطف، فعلم أنه كان المفتاح لحل المشكلة التي حازت على اهتمامه مدة طويلة. وبعد وقت تم إيضاح صحة الفكرة بومضة.

يشترك علماء فيزياء عديدون في هذه النظرة الأفلاطونية للرياضيات. فعلى سبيل

المثال هينريش هيرتز Hertz، أول من ولد واستكشف موجات اللاسلكي في المختبر. قال ذات يوم: «لا يستطيع المرء الهرب من الشعور أن هذه المعادلة الرياضية لها وجود مستقل خاص بها، وهي أكثر حكمة من مكتشفيها حتى، إننا نستنبط منها أكثر مما وضع فيها أصلاً»(١٣).

ذات مرة سألت ريتشارد فيمنFeynman، ما إذا كان للرياضيات وقوانين الفيزياء وجود مستقل، فأجابني: «مشكلة الوجود مشكلة هامة وصعبة جداً في آن معاً. فإن تزاول العمل على الرياضيات التي هي بكل بساطة معرفة نتائج الفرضيات فإنك ستكتشف شيئاً غريباً عندما تصنف مكعبات الأعداد الصحيحة. ٣ مكعب الواحد، هو واحد، ٢ أس ٣ هو ٨، هي ثلاثة مضروبة بثلاثة ثلاث مرات أي ٢٧. فإن تصنف مكعبات هذه الأعداد ١+٨+٢٧ سيكون الناتج = ٣٦ وهذا مربع عدد آخر ٦، وذلك العدد الصحيح هو مجموع الأعداد الصحيحة ١+٢+٣.... وهذا أمر معروف للقارئ. إلا أن بإمكانك أن تقول: «أين هي، وما هي، وأين تتوضع، وما نوع الحقيقة التي فيها؟ مع ذلك فإنك لن تجدها. عندما نكتشف هذه الأشياء، فإنك تشعر أنها كانت صحيحة قبل أن تجدها. أي تتكون لديك فكرة أنها كانت موجودة في مكان ما، لكن لا يوجد مكان لأشياء كهذه. إنه مجرد شعور.... حسناً في حالة الفيزياء لدينا ضعف المتاعب. نعثر على هذه العلاقات الرياضية المتداخلة، وهي تنطبق على الكون. وبالتالي فإن مشكلة أين توجد هي مشكلة محيرة.... وتلك أسئلة فلسفية لا أعرف كيف أجيب عليها»(١٤).

الحاسوب الكوني

في السنوات الأخيرة، أصبحت النقاشات حول طبيعة الرياضيات تحت تأثير متزايد لعلماء الحاسوب الذين لديهم رؤيتهم الخاصة بهم حيال هذا الموضوع. فليس مستغرباً إذا علمنا أن العديد من علماء الحاسوب يعدون الحاسوب المكون المركزي في نظام التفكير الذي يحاول أن يعطي معنى للرياضيات. وهذه الفلسفة ـ في شكلها المتطرف ـ تعلن أن «ما لا يمكن حوسبته فلا معنى له». إن أي وصف للكون الفيزيائي لابد وأن يستخدم الرياضيات التي بالإمكان تطبيقها ـ من حيث المبدأ ـ من قبل الحاسوب. فهذا ـ بكل وضوح ـ يلغي نظريات من النوع الذي ناقشناه في الفصل الخامس، ويشمل تنبوءات أعداد غير قابلة للحوسبة من أجل مقادير فيزيائية، لأنه لا يمكن السماح بأية عمليات رياضية تشمل عدداً لا نهائياً من الخطوات. فهذا الأمر يلغي مناطق كبيرة من الرياضيات التي يطبق معظمها على النظم الفيزيائية. فحتى تلك النتائج الرياضية التي تتضمن عدداً محدداً، نجد أن عدداً كبيراً من الخطوات هي محل الشك، إذا ما افترض المرء أن قدرة الحوسبة للكون هي قدرة محدودة. والعالم الذي يدافع عن وجهة النظر هذه هو رولف لانداور Landaeur: «فالفيزياء لا تقرر فقط ماذا تستطيع الحاسبات أن تفعل، بل أن ما تستطيع الحاسبات فعله سوف يحدد الطبيعة النهائية لقوانين الفيزياء. في نهاية المطاف، قوانين الفيزياء هي خوارزميات، من أجل معالجة البيانات، وستكون عديمة الجدوى، إذا لم تكن هذه الخوارزميات قابلة للتطبيق في كوننا بقوانينه؟ وموارده»(١٥).

إذا كانت الرياضيات ذات المعنى تعتمد على الموارد المتوفرة في الكون، إلا أن هناك معاني بعيدة المنال. فوفقاً لنظرية كوسمولوجية نموذجية؛ يستطيع الضوء أن ينتقل فقط إلى مسافة محددة من الكون (لأن الكون ـ بشكل أساسي ـ له عمر محدود). لكن لا شيء فيزيائي، أو تأثير، أو معلومات تستطيع تجاوز سرعة الضوء. يستتبع ذلك

أن تلك المنطقة من الكون التي نرتبط بها تحتوي فقط على عدد محدد من الجسيمات، فالحد الخارجي لهذه المنطقة يعرف باسم أفقنا. إنه السطح الأبعد في الفضاء الذي انطلق إليه الضوء من رقعتنا في الكون عند وقت الانفجار الكبير، ولابد أنه قد وصل إليه. فعندما يتعلق الأمر بالحوسبة، ستكون هي تلك المناطق من الكون التي فيها تستطيع البيانات أن تتدفق، وبالإمكان اعتبارها جزءاً من نظام حوسبة واحد، وهذه المنطقة ستكون ضمن أفقنا. تخيل أن كل جزئ في هذه المنطقة قد تم دمجه في حاسوب كوني عملاق، عندئذ سيكون لتلك الآلة الرهيبة قدرات حوسبة محدودة، لأنها تحتوي على عدد محدد من الذرات (نحو ١٠ (قوة٨٠ ذرة). ولن يكون بوسعها أن تحسب Pi بدقة لا متناهية وفقاً للانداور إذا كانت الحسابات ككل لا تستطيع أن تحسبها، فانس الأمر كله. وبذلك لن تعود Pi المتواضعة كمية محددة بدقة. وهذا يعني أن نسبة محيط دائرة إلى قطرها لا يمكن اعتبارها عدداً محدداً دقيقاً. حتى في الحالات المثلنة Idealized لخطوط هندسية تامة بل ستكون خاضعة لعدم اليقينية.

فلو أن الأفق يتسع مع الزمن مثلما ينتقل الضوء إلى الخارج في الفضاء، لكانت الموارد المتوفرة للمنطقة ضمن الأفق أقل في الماضي. هذا يعني أن الرياضيات مرتبطة بالزمن، وهذا مفهوم متناقض تماماً مع الرأي الأفلاطوني القائل بأن الحقائق الرياضية لا زمن لها، متجاوزة وأبدية. فعلى سبيل المثال، في ثانية واحدة بعد الانفجار الكبير لكان حجم الأفق يحتوي فقط على كسر صغير من العدد الحالي للجزئيات الذرية. إن ما يسمى زمن بلانك Planck عشرة قوة ٤٣ حجم أفق نموذجي كان يحتوي جسيماً واحد فقط. ولكانت قدرة الحوسبة للكون عند زمن بلانك مساوية للصفر. فإذا ما تتبعنا فلسفة لانداور إلى نهايتها المنطقية فإننا نتوصل إلى نتيجة مفادها أن كل الرياضيات كانت خالية من المعنى في تلك الحقبة. فإذا كان الأمر كذلك، فإن المحاولات المبذولة لتطبيق الفيزياء الرياضية على الكون المبكر تصبح أيضاً خالية من المعنى، خاصة كل برنامج كوسمولوجيا الكوانتم وأصل الكون كما عرضناه في الفصل الثاني.

لماذا نحن

«هذا الشيء الذي لا سبيل إلى فهمه عن الكون، هو أنه قابل للفهم»

ألبرت آنيشتاين

إن نجاح المشروع العلمي يستطيع أن يعمينا عن الحقيقة المدهشة بأن العلم يعمل. فعلى الرغم من أن معظم الناس يعدون ذلك أمراً بديهياً، فبما أننا قادرون على سبر أعمال الطبيعة باستخدام الطريقة العلمية، فهذا يجعل المشروع العلمي محظوظاً بشكل لا يصدق وغامضاً في الوقت ذاته. فكما قلت سابقاً، جوهر العلم هو أن نستكشف نماذج وانتظامات الطبيعة من خلال تحديد انضغاطات لوغارتمية لملاحظاتنا. لكن بيانات الملاحظات الخام نادراً ما تقدم انتظامات علنية، فنجد بدلاً من ذلك أن سر نظام الطبيعة ما يزال مخبأ عنا، ومكتوباً بشيفرة. وإننا بحاجة لأن نفكك الشيفرة الكونية كي نحرز التقدم العلمي، وأن نحفر تحت البيانات الخام لنكشف عن النظام المخبأ. إنني أشبه العلم بحل الكلمات المتقاطعة. فالتجربة والملاحظة تمدنا بالأدلة، لكن الأدلة خفية، وحلها يتطلب ذكاء كبيراً. فمع كل حل جديد نلمح نثرة أكثر من نموذج الطبيعة الإجمالية. فكما هي الحال مع الكلمات المتقاطعة، كذلك هي مع الكون الفيزيائي. إننا نجد أن الحلول لدلائل مستقلة ترتبط مع بعضها بطريقة مستقلة وداعمة لتشكيل وحدة متماسكة لدرجة أن كلما اكتشفنا المزيد من الدلائل، كلما وجدنا أن ملء السمات المفقودة أمراً يسيراً.

فالشيء المميز هو أن الكائنات البشرية قادرة ـ فعلاً ـ على تنفيذ عملية فك هذه الشيفرة. فالعقل البشري يمتلك المعدات الفكرية الضرورية كي نستكشف أسرار

الطبيعة، ولنقوم بمحاولة اختيار لإكمال حل الكلمات المتقاطعة في الطبيعة. وسيغدو من السهل أن نتخيل عالماً كان في انتظامات الطبيعة شفافة وجلية للجميع من مجرد لمحة. ونستطيع كذلك أن نتخيل عالماً آخر إما كانت توجد فيه انتظامات، أو أن الانتظامات كانت مخبأة جيداً، وغامضة جداً، لدرجة أن فك الشيفرة الكونية يتطلب مقدرة عقلية أكبر مما لدى البشر. بدلاً من ذلك، نجد حالة تبدو صعوبة الشيفرة الكونية فيها مدوزنة على القدرات البشرية. فلدينا صراع قاس تماماً في فك شيفرة الطبيعة، لكن ـ حتى الآن ـ فقد أحرزنا نجاحاً لابأس به. فالتحدي قاسٍ بما فيه الكفاية كي يجذب بعضاً من أفضل العقول المتوفرة، لكن ليس قاسياً لدرجة أن يهزم جهود العلماء المتحدة ويثنيهم إلى مهمات أكثر سهولة.

السر في هذا كله هو أن القدرات العقلية البشرية تُقَرَّرُ ـ كما هو مفترض ـ بالارتقاء البيولوجي، وليس له علاقة إطلاقاً بالعلم الفاعل. لقد تطورت أدمغتنا استجابة لضغوط بيئية، كالقدرة على الصيد، وتجنب الحيوانات المفترسة، والأشياء الساقطة المؤذية الخ. فما علاقة هذا باكتشاف قوانين الكهرطيسية أو بنية الذرة؟ ولماذا يتوجب على سيروراتنا المعرفية أن تناغم نفسها مع بحث عويص جداً مثل فهم الكون كله؟ كما يتساءل جون بارو. «لماذا ينبغي أن نكون نحن من نقوم بذلك؟ ويبدو أن ما من فكرة من الأفكار المعقدة المعنية تقدم أية فائدة انتقائية لكي يتم استغلالها خلال فترة ما قبل الوعي من تطورنا..... وبمحض المصادفة أن عقولنا (أو عقول البعض منا، على الأقل) يجب أن تكون متحفزة لسبب أغوار الطبيعة»(١٦).

سر نجاحنا في إحراز التقدم العلمي يتعمق من خلال أوجه تصور التطور التربوي البشري. فمن ناحية هناك حد للمعدل الذي نستطيع عنده أن نستوعب حقائق ومفاهيم جديدة، خاصة المفاهيم المجردة. فعموماً، يتطلب الأمر ما لا يقل عن خمس عشرة سنة من الدراسة كي ينجز الطالب فهماً كافياً للرياضيات والعلم كي يتمكن من أن يقدم مساهمة حقيقية إلى البحث الأساسي. مع ذلك هناك علماء حققوا تطورات أساسية عندما كانوا في العشرينات أو الثلاثينات من عمرهم. فنيوتن على سبيل المثال كان في الرابعة والعشرين عندما اكتشف قانون الجاذبية. وكان ديراك Dirac مايزال طالباً يحضر لنيل شهادة الدكتوراة عندما صاغ معادلة الموجة النسبية التي أدت إلى اكتشاف المادة المضادة Anti - Matter. وكان آينشتاين في السادسة والعشرين عندما وضع النظرية

النسبية الخاصة، وأسس الميكانيك الإحصائي، والتأثير الكهرضوئي في شهور مجيدة من النشاط الإبداعي. فهناك دليل قوي على أن النشاط الإبتكاري حقاً في العلم يخبو في منتصف العمر. فدمج التقدم التربوي، وذبول قدرة الإبداع في العالم، يقدمان لنا نافذة صغيرة لكنها حاسمة «نافذة الفرصة» كي يقدم العالم فيها مشاركته. من المفترض أن لهذه العيوب جذور في الجوانب الدنيوية من التطور البيولوجي، ومرتبطة بطول حياة البشرية، وببنية الدماغ، والتنظيم الاجتماعي لنوعنا. فكم من الغريب إذن، أن الفترات المعنية تسمح بجهد علمي إبداعي.

من السهل أن نتخيل عالماً نحن جميعاً لدينا فيه الكثير من الوقت لنتعلم الحقائق والمفاهيم الضرورية للقيام بالعلم الأساسي. أو أن نتخيل عالماً آخر تعلم جميع الأشياء الضرورية يستغرق سنوات عديدة. والموت سوف يتدخل، وسنوات المرء الإبداعية تكون قد انقضت قبل انتهاء الجانب التربوي. لا يحمل هذا التناغم الغامض بين العقل البشري مع أعمال الطبيعة سمة مذهلة أكثر من الرياضيات: نتاجات العقل البشري المرتبطة بطريقة ما في داخل أسرار الكون.

لماذا قوانين الطبيعة رياضية؟

تتوقف قلة من العلماء كي تتساءل لماذا القوانين الأساسية للكون هي قوانين رياضية؟ ويأخذون ذلك كأمر بديهي. لكن مع أن «الرياضيات تعمل» عندما تطبق على العالم الفيزيائي، بل تعمل جيداً بشكل مذهل، وهذا أمر بحاجة إلى تفسير. إذ ليس لدينا حق مطلق أن نتوقع أن العالم ستوصفه الرياضيات توصيفاً جيداً. فعلى الرغم من أن معظم العلماء يفترضون أن العالم يجب أن يكون موصَّفاً بتلك الطريقة، إلا أن تاريخ العالم يحذر من ذلك. لقد تم أخذ جوانب عديدة من عالمنا بطريقة بديهية، وعلى أنها ليست للكشف كنتيجة لشروط أو ظروف خاصة. إن مفهوم نيوتن عن المطلق، الزمن الكوني، هو مثال كلاسيكي. ففي الحياة اليومية صورة الزمن هذه تخدمنا جيداً، لكن يتضح أنها تعمل جيداً لأننا نتحرك أبطأ بكثير من سرعة الضوء. فهل من الممكن أن تعمل الرياضيات جيداً بسبب ظروف خاصة أخرى.

مقاربة لهذه الأحجية هي أن نعتبر «الفاعلية غير المعقولة» للرياضيات ـ لأستخدم عبارة فيغنر Wigner ـ كظاهرة ثقافية محضة ـ أي كنتيجة للطريقة التي فيها اختارت الكائنات البشرية أن تفكر بالعلم. لقد حذر كانط من أننا إذا نظرنا إلى العالم من خلال نظارات زهرية، فليس مفاجئاً، إذا بدا العالم وردياً. إننا ميالون إلى إسقاط أهوائنا الذهنية على العالم باتجاه مفاهيم رياضية. بكلمات أخرى: إننا نقرأ النظام الرياضي في الطبيعة بدلاً من أن نقرأه خارج الطبيعة. فهذا النقاش ينطوي على مقدار من القوة. ما من شك أن الناس يفضلون استخدام الرياضيات عند دراسة الطبيعة، ويميلون لانتقاء المسائل التي تقبل معالجة رياضية. فتلك الجوانب التي لا تلتقطها الرياضيات بسرعة (مثلاً الأنظمة البيولوجية والاجتماعية) تكون مناسبة لتقليل الأهمية. وهناك ميل إلى وصف تلك الملامح من العالم التي تقع في هذا المجال الذي يقبل الصياغة الرياضية على أنها ملامح

أساسية. أما السؤال: لماذا القوانين الأساسية للطبيعة هي قوانين رياضية؟ فيستدعي الإجابة السخيفة «لأننا نعرف أنها أساسية لتلك القوانين التي هي قوانين رياضية».

إن نظرتنا إلى العالم ستكون محدودة بكل وضوح بسبب الطريقة التي تكونت فيها أدمغتنا. فلأسباب اصطفاء بيولوجي نادراً ما نستطيع أن نخمن أن أدمغتنا قد تطورت كي تتعرف وتركز على تلك الجوانب من الطبيعة التي تبدي نماذج رياضية. وكما أشرت في الفصل الأول، من الممكن أن نتخيل أشكال حياة غريبة لها تاريخ ارتقاء مختلف تماماً، وأدمغة تحمل شبهاً قليلاً مع أدمغتنا. فهذه الأشكال الغريبة قد لا تشاركنا مجالاتنا في التفكير، ومن ضمن ذلك حبنا للرياضيات، فترى العالم بطرق ستكون غير مفهومة أبداً لنا.

فهل نجاح الرياضيات في العلم مجرد مغالطة ثقافية، ومجرد حادثة في تاريخنا الارتقائي والاجتماعي؟ لقد زعم بعض العلماء أن الأمر هو كذلك، لكنني أقر أنني أجد هذا الزعم كله مجرد هذر، وذلك لعدة أسباب، السبب الأول: إن معظم الرياضيات الفعالة جداً في النظرية الفيزيائية قد صيغت كتدريب مجرد من قبل علماء رياضيات بحتة قبل زمن طويل من تطبيقها على عالم الواقع. فالبحوث الأصلية كانت غير مرتبطة بتطبيقها النهائي، وقد عبر جيمس جينز عن ذلك بقوله هذا «العالم المستقل المخلوق من ذكاء محض، قد وُجِدَ لاحقاً أنه يملك فائدة في وصف الطبيعة». وعالم الرياضيات البريطاني ج.هـ. هاردي يقول إنه مارس الرياضيات من أجل جمالها، لا من أجل جدواها العملية. وقال متباهياً أن باستطاعته أن يتنبأ بعدم وجود تطبيق مفيد مهما كان للقيام به. لكننا نكتشف ـ بعد سنوات تالية في أغلب الأحيان ـ أن الطبيعة تقوم بلعبتها بنفس القوانين الرياضية التي صاغها هؤلاء العلماء من ذي قبل، ويشمل هذا معظم أعمال هاردي أيضاً. لقد استنتج جينز أن الرياضيات هي مجرد واحدة من أنظمة الفكر الكثيرة. وهناك محاولات لبناء نماذج للكون كعضوية حية على سبيل المثال، أو كآلة. بيد أن هذه المحاولات لم تحرز سوى تقدماً يسيراً. لماذا ينبغي أن تبرهن المقاربة الرياضية أنها مثمرة جداً إذا لم تكن تميط اللثام عن خاصية حقيقية في الطبيعة؟

لقد فكر بينروس بهذا الموضوع أيضاً، ورفض وجهة النظر الثقافية. وهو يشير إلى النجاح المذهل للنظريات ـ كالنظرية النسبية العامة، عندما يقول «من الصعب ـ بالنسبة لي أن أعتقد ـ كما حاول البعض أن نظريات خارقة كان من الممكن أن تظهر من خلال

اصطفاء طبيعي عشوائي فقط، اصطفاء أفكار، بحيث تترك فقط النظريات الجيدة حية. فالنظريات الجيدة هي بكل بساطة جيدة أكثر مما يجب لتكون الناجية الحاملة لهذه الأفكار التي نشأت في تلك الطريقة العشوائية. بدلاً من ذلك، يجب أن يكون هناك سبب ما كامن عميق لهذا الانسجام الموجود بين الرياضيات والفيزياء، أي بين عالم أفلاطون وبين العالم الفيزيائي» (١٧).

يصادق بينروس على الاعتقاد ـ الذي وجدت أن معظم العلماء يؤمنون به ـ بأن مراحل متقدمة رئيسية في الفيزياء الرياضية تمثل فعلاً اكتشافاً لبعض الجوانب الحقيقية للواقع، وليست مجرد إعادة تنظيم للحقائق في شكل أكثر ملاءمة من أجل فهم فكري بشري.

لقد جادل البعض أن بنية أدمغتنا قد تطورت لتعكس خصائص العالم الفيزيائي، من بينها محتواه الرياضي، بحيث أننا لا نفاجئ أننا نكتشف الرياضيات في الطبيعة. وكما نوهت سابقاً، إن لمن المفاجئ بكل تأكيد، بل وسر عميق أن الدماغ البشري قد طور قدرته الرياضية غير العادية. ومن الصعب جداً أن نرى كيف أن للرياضيات المجردة أية قيمة باقية. وتنطبق شروحات مماثلة على المقدرة الموسيقية كذلك.

إننا نعرف عن العالم عبر سبيلين واضحين تماماً: السبيل الأول عن طريق الإدراك المباشر، والثاني عن طريق استخدام المحاكمة العقلية والأعمال الفكرية الأعلى مستوى. تأمل مثلاً سقوط حجر. فالملاحظة الفيزيائية تحدث في العالم الخارجي، ثم تنعكس في عقولنا، لأن أدمغتنا تبني نموذجاً ذهنياً داخلياً للعالم الذي فيه كيان مقابل للشيء الفيزيائي، «أي الحجر»، الذي يتم إدراك أنه يتحرك عبر الفضاء ثلاثي الأبعاد: إننا نرى الحجر يسقط. ومن ناحية ثانية، يستطيع المرء أن يعرف عن سقوط الحجر بطريقة مختلفة كلياً، بل وأكثر عمقاً. فمن معرفة قوانين نيوتن بالاضافة إلى معرفة بعض الرياضيات المناسبة، يستطيع المرء أن يولد نوعاً آخر من نموذج سقوط الحجر. فهذا ليس نموذجاً ذهنياً بمعنى الإدراك، مع ذلك إنه ما يزال تركيباً ذهنياً يربط الظاهرة المحددة لسقوط الحجر بمجموعة عمليات فيزيائية أكثر اتساعاً. فالنموذج الرياضي الذي يستخدم قوانين الفيزياء ليس شيئاً تستطيع رؤيته فعلاً، لكنه هو ـ بأسلوبه الخاص به ـ نمط من معرفة العالم، بل معرفة ذات مرتبة أعلى.

يبدو لي أن نظرية الارتقاء الداروينى قد زودتنا بما يكفي لأن نعرف العالم عن

طريق الإدراك المباشر. وهناك فوائد ارتقائية جلية في هذا. لكن لا توجد علاقة واضحة تماماً بين هذا النوع من المعرفة الحسية والمعرفة العقلية. فالطلاب يتصارعون عادة مع فروع محددة من الفيزياء مثل ميكانيك الكوانتم والنسبية، لأنهم يحاولون أن يفهموا هذه المواضيع عن طريق تصور ذهني. إنهم يحاولون أن «يروا» فضاءاً منحنياً، أو نشاط الكترون ذري في بصيرتهمMinds - eye، ويفشلون في ذلك تماماً. فهذا لا يعود إلى عدم الخبرة، لأنني لا أعتقد أن أي كائن بشري يستطيع فعلاً أن يشكل صورة مرئية دقيقة عن هذه الأشياء. ولا تفاجئنا معرفتنا أن فيزياء الكوانتم ليست مرتبطة بشكل خاص بالحياة اليومية، وليس هناك فائدة انتقائية أن لنا أدمغة قادرة على دمج أنظمة الكوانتم والنسبية في نموذجنا الذهني عن العالم. على الرغم من هذا، يستطيع الفيزيائيون أن يصلوا إلى فهم عوالم فيزياء الكوانتم والنسبية عن طريق استخدام الرياضيات، والتجريب الانتقائي، والمحاكمة المجردة، وطرائق عقلية أخرى. أما السر فهو لماذا نمتلك هذه المقدرة المزدوجة من أجل معرفة العالم؟ ليس هناك سبب لنعتقد أن الطريقة الثانية تنبع من صقل للطريقة الأولى. فكلاهما سبيلان مستقلان للتوصل إلى معرفة الأشياء. فالأولى مفيدة لكونها حاجة بيولوجية واضحة. والثانية ليس لها أهمية بيولوجية ظاهرة على الإطلاق.

عندما نضع في اعتبارنا وجود عباقرة في الرياضيات والموسيقى يصبح السر أكثر عمقاً. فالبصيرة المذهلة لدى علماء الرياضيات من أمثال غاوس Gauss وريمن Riemann التي يقر العلماء لهما بها، وبمآثرهما الرياضية المعروفة. (كان غاوس طفلاً معجزة، وذو ذاكرة فوتوغرافية). وكان لهما مقدرة على صياغة نظريات دون براهين تاركين للأجيال التالية أن نكافح من أجل إيجاد براهين لها. كيف كان هؤلاء الرياضيون قادرين على التوصل بنتائجهم «الجاهزة»، عبر البراهين، اتضحت غالباً أنها تشمل أحجاماً من محاكمة رياضية معقدة، فهذا لغز كبير.

فالحالة الأكثر شهرة هي حالة عالم الرياضيات الهندي س رامانوجان (Ramanujan)، المولود في الهند في أواخر القرن التاسع عشر في أسرة فقيرة، ولم ينل سوى تعليم محدود. لقد علم نفسه الرياضيات، وبما أنه كان معزولاً عن التيار الرئيسي للحياة الأكاديمية، فقد قارب الموضوع بطريقة غير تقليدية أبداً. لقد صاغ نظريات عظيمة عديدة دون برهان، وبعضها ذو طبيعة خاصة جداً ما كانت لتخطر على بال

رياضيين أكثر تقليدية. بعض النتائج التي توصل إليها في نهاية المطاف أذهلت هاردي، وحازت على اهتمامه. «لم أر أبداً ما يماثل هذه النظريات من قبل. فنظرة واحدة إليها كافية أن تبين أنه لا يمكن أن يضعها إلا عالم رياضيات من أعلى مستوى». تمكن هاردي من أن يبرهن بعض هذه النظريات عن طريق تنحية كامل مجال مهارته الرياضية الكبيرة، لكن لم يستطيع القيام بذلك إلا بصعوبة كبيرة. أما النتائج أخرى فقد هزمته تماماً. مع ذلك، شعر هاردي، أنها يجب أن تكون صحيحة لأن «ما من أحد كان لديه المخيلة لكي يبتكرها». قام هاردي بترتيب أمور سفر رامانوجان إلى كامبريدج كي يعمل معه. لكن لسوء الحظ، أصيب رامانوجان بصدمة ثقافية ومشاكل صحية، فمات في مقتبل العمر في الثالثة والثلاثين من عمره، تاركاً وراءه مخزوناً هائلاً من الفرضيات الرياضية للأجيال التالية. فحتى يومنا هذا، لا يعرف أحد كيف أنجز هذه المآثر الخارقة. علق على ذلك أحد الرياضيين بالقول إن النتائج بدت وكأنها «تتدفق من دماغ دون جهد، وهذا سيكون أمراً هاماً لدى أي رياضي. ويعد أمراً خارقاً فعلاً بالنسبة لرياضي لم يكن عارفاً بالرياضيات التقليدية.من المغري جداً أن نفترض أنه كان لدى رامانوجان مقدرة خاصة مكنته من أن ينظر من خلال الفضاء العقلي الرياضي بشكل مباشر وبفاعلية، ثم يستخلص نتائج جاهزة تحت الطلب».

أما الحالات الغامضة لما يسمى الحاسبين البرقيين، أناس يستطيعون القيام بانجازات خرافية في ميدان الحساب الذهني على الفور تقريباً، ودون أن تكون لهم أي فكرة عن الكيفية التي يتوصلون إلى الإجابة. أحد هؤلاء هو ساكونتالا ديفي Devi الذي يعيش في بنغالور Bangalore في الهند، لكنه يسافر عبر العالم بانتظام مذهلاً الحضور بمآثره في الحساب الذهني. ففي مناسبة لا تنسى في تكساس قدم الإجابة الصحيحة للجذر الثالث والعشرون لعدد مكون من مائتي رقم في غضون خمسين ثانية. وما هو أكثر غرابة حتى حالة أناس معوقين عقلياً Autistic Savants، وقد يعانون من صعوبة حتى بأبسط التلاعبات الحسابية الشكلية، لكنهم ـ مع ذلك ـ يمتلكون مقدرة غامضة تمكنهم من أن يقدموا إجابات صحيحة لمسألة رياضية تبدو للناس العاديين صعبة الحل بل وتصل إلى درجة استحالة الحل. فعلى سبيل المثال، هناك أخوان أمريكيان يستطيعان أن يسبقا الحاسوب في إيجاد أعداد أولية، علماً أنهما متخلفان عقلياً. وفي حالة أخرى عرضها التلفاز البريطاني، أعطى رجل معوق فوراً الإجابة الصحيحة على اليوم من الأسبوع عندما أعطي أي تاريخ، حتى من قرن آخر.

إننا معتادون على الحقيقة أن جميع القدرات البشرية، الفيزيائية منها والعقلية، تبدي تنوعات واسعة. يستطيع بعض الناس أن يقفزوا ستة أقدام عن الأرض، بينما لا يستطيع معظمنا أن يقفز إلا ثلاثة أقدام فقط. لكن تخيل شخصاً يقفز إلى علو ستين قدماً، أو حتى ست مائة قدم، على الرغم من أن القفزة الفكرية التي يقوم بها عبقري في الرياضيات فهي تتجاوز كثيراً هذه الفروقات الجسدية.

إن العلماء بعيدون جداً عن فهم الكيفية التي تتحكم فيها جيناتنا بمقدرتنا العقلية. فنادراً جداً ما يحتوي النقش الجيني الذي يتم تشفيره من أجل قدرات رياضية مذهلة. أو لربما ليس نادراً جداً، لكن الجينات المعينة لا تكون عادة في حالة تشغيل. فمهما تكن الحالة، إن الجينات الضرورية موجودة في بركة الجينات البشرية. فحقيقة ظهور عباقرة رياضيون في كل جيل تعني أن هذه النوعية هي بالأحرى عامل ثابت في بركة الجينات. فإذا كان هذا العامل قد تطور بالمصادفة بدلاً من تطور لاستجابة لضغط بيئي، إذن إنها لمصادفة مدهشة حقاً أن تجد الرياضيات تطبيقاً جاهزاً كهذا على العالم الفيزيائي. من ناحية أخرى، إذا كانت المقدرة الرياضية لها فعلاً قيمة على البقاء غامضة، وتطورت عن طريق اصطفاء طبيعي، فإن السر ذاته ما يزال يواجهنا، لماذا قوانين الطبيعة هي قوانين رياضية؟ في نهاية المطاف إن البقاء في الغابة لا يتطلب معرفة بقوانين الطبيعة، بل يتطلب معرفة تمظهراتها فقط.

لقد رأينا كيف أن القوانين ذاتها كانت في شيفرة، وليست مرتبطة بطريقة بسيطة على الإطلاق بالظواهر الفيزيائية الفعلية الخاضعة لتلك القوانين. فالبقاء يعتمد على إدراك كيف هو العالم، وليس على أي نظام خفي كامن بالتأكيد إنه لا يمكن أن يعتمد على النظام الخفي ضمن النوى الذرية، أو في الثقوب السوداء، أو في الذرات ما دون الذرية المنتجة على الأرض فقط داخل آلات مسرعات جزيئية.

قد يكون بالامكان افتراض أننا عندما نحني رؤوسنا لنتجنب صاروخاً، أو أن نقدر سرعة ركضنا كي نقفز فوق ساقية، فإننا نستخدم معرفتنا بقوانين الميكانيك، لكن هذا خطأ تماماً. فما نستخدمه هو تجربنا السابقة من حالات مشابهة. فأدمغتنا تستجيب آلياً عندما تواجه مثل هذه التحديات، إنها لا تدمج معادلات نيوتن في الحركة مع الطريقة التي يتبعها الفيزيائي عند تحليل هذه المواقف علمياً. للقيام بإصدار الأحكام على الحركة

في فضاء ثلاثي الأبعاد، فإن الدماغ يحتاج إلى خصائص محددة. فللقيام بالحلول الرياضية (كالتفاضل الذي نحتاجه لوصف هذه الحركة) يتطلب أيضاً خصائص خاصة. إنني لا أرى بينة على الزعم أن هاتين المجموعتين من الخصائص مختلفين جداً ظاهرياً، لكنهما في حقيقة الأمر الشيء ذاته. أو أحدهما يتبع منتجاً ثانوياً بشكل عرضي.

في الحقيقة، كل الدليل يشير إلى عكس ذلك. فمعظم الحيوانات تشاركنا في القدرة على تجنب الصواريخ، والقفز بفعالية، إلا أنها لا تظهر مقدرة هامة في الرياضيات. فالطيور على سبيل المثال ، أكثر براعة في استغلال قوانين الميكانيك من البشر، وقد طورت أدمغتها مواصفات معقدة جداً كنتيجة لذلك. لكن التجارب على بيوض الطيور قد أوضحت أن الطيور لا تستطيع أن تعد إلى أكثر من ثلاثة. إن الوعي بانتظامات الطبيعة، كتلك التي تتبدى في الميكانيك، ذات قيمة بقاء جيدة، ومتصلة إلى داخل أدمغة الحيوانات والبشر عند مستوى بدائي جداً. بالمقارنة، الرياضيات عمل ذهني أعلى، ويتفرد به البشر، كما يبدو (بما يتعلق بالحياة على سطح الأرض). إنها نتاج النظام الأكثر تعقيداً المعروف في الطبيعة. مع ذلك تجد الرياضيات التي تنتجها الطبيعة تطبيقاتها الأكثر روعة ونجاحاً في العمليات الأكثر أساسية في الطبيعة، عمليات تحدث في المستوى ما دون الذري. لماذا ينبغي أن يكون النظام الأكثر تعقيداً مرتبطاً بهذه الطريقة بعمليات الطبيعة الأكثر بدائية؟

يقال إن، بما أن الدماغ هو نتاج عمليات فيزيائية، إذن ينبغي أن يعكس طبيعة تلك العمليات، من ضمنها طابعها الرياضي. لكن ـ في حقيقة الأمر ـ لا توجد رابطة مباشرة بين قوانين الفيزياء وبنية الدماغ. فما يميز الدماغ عن كيلو غرام من مادة عادية هو شكله المنظم المعقد، خاصة الترابط الدقيق بين النيرنات العصبونات (الحجيرات الموصلة في الدماغ والنخاع الشوكي، مكونة من حجيرات وألياف). لا يمكن شرح هذا النموذج السلكي من خلال قوانين الفيزياء وحدها. إنه يعتمد على عوامل أخرى عديدة من بينها مجموعة أحداث تعتمد على المصادفة التي لابد أنها وقعت خلال التاريخ التطوري للنشوء. فأية قوانين التي ـ ربما ـ ساعدت في تشكل بنية الدماغ البشري (مثل قوانين الوراثة للعالم ماندل) فإنها تحمل علاقة بسيطة بقوانين الفيزياء.

كيف نستطيع أن نعرف شيئاً دون معرفة كل شيء؟

هذا السؤال الذي طرحه عالم الرياضيات هيرمان بوندي Bondi قبل سنوات عديدة هو اليوم أكثر إشكالية في ضوء التقدم الحاصل في نظرية الكوانتم. فكثيراً ما يقال إن الطبيعة هي وحدة، وأن العالم كل متداخل مترابط. فبمعنى من المعاني، هذا صحيح، لكننا نستطيع أيضاً أن نؤطر فهماً تفصيلياً جداً لأجزاء منفردة من العالم دون الحاجة لمعرفة كل شيء. حقاً، لما كان العلم ممكناً على الإطلاق لو لم نستطيع أن نبدأ بمراحل جزئية. وهكذا فقانون سقوط الأجسام الذي اكتشفه غاليو لم يكن يتطلب معرفة بتوزيع جميع الكتل في الكون، وخواص الالكترونات الذرية بالإمكان اكتشافها دون حاجة لأن نعرف قوانين الفيزياء النووية، وهلم جرا. من السهل أن نتخيل عالماً الظواهر فيه تحدث في موقع محدد من الكون، أو على مجال واحد من الحجم أو الطاقة، لو أنها كانت مرتبطة بشكل وثيق، تجمع ما تبقى بطريقة تمنع التوصل إلى قرار في شكل مجموعة من قوانين بسيطة. أو دعنا نستخدم تشبيه الكلمات المتقاطعة، فبدلاً من التعامل مع شبكة مترابطة كاملة غير قابلة للتعريف، سيكون لدينا إجابة مكونة من كلمة واحدة شديدة التعقيد. وستكون معرفتنا للكون عندئذ «معرفة كل شيء، معرفة لا شيء». فالسر عميق جداً بسبب حقيقة أن قابلية الطبيعة للانفصال هي في الواقع تقريبية فقط. إن الكون كل مترابط داخلياً. فسقوط تفاحة على الأرض يتأثر ويتفاعل مع موقع القمر. كما أن الالكترونات الذرية خاضعة لتأثيرات نووية. ففي كلتا الحالتين التأثيرات صغيرة، وبالإمكان تجاهلها من أجل غايات عملية. لكن ليست جميع الأنظمة كذلك. فكما شرحت مسبقاً، بعض الأنظمة فوضوية، ومفرطة الحساسية تجاه أصغر الاضطرابات الدقيقة الخارجية. فهذه الخاصية هي التي تجعل من المحال التنبؤ بالأنظمة

الفوضوية، فعلى الرغم من أننا نعيش في كون ملئ بنظم فوضوية، إلا أننا قادرون أن نرشح مجالاً واسعاً من عمليات فيزيائية بالإمكان التنبؤ بها، وحسابها رياضياً.

بالإمكان إرجاع سبب ذلك ـ جزئياً ـ إلى خواص غريبة تدعى «الخطية Linear» و «الموضعية Locality» أن نظاماً خطياً يمتثل لقواعد رياضية خاصة محددة الجمع والضرب المرتبط بمسار خطي بياني، ومن هنا جاءت كلمة Linear التي لا حاجة لشرحها هنا (انظر /أسطورة المادة/ من أجل مناقشة مفصلة). فقوانين الكهرطيسية التي تصف المجالات الكهربائية والمغناطيسية، وسلوك الضوء، والموجات الكهرطيسية الأخرى هي خطية إلى درجة عالية جداً من التقريب. فعلى سبيل المثال، الأنظمة الخطية لا تستطيع أن تكون فوضوية، وهي شديدة الحساسية للاضطرابات الخارجية الصغيرة.

ليس هناك نظام خطي تماماً، لذلك فإن قضية انفصالية العالم تعتمد على لماذا تكون النتائج اللاخطية في الممارسة صغيرة جداً في أغلب الأحيان. فهذا، لأن القوى اللاخطية المعنية هي أما جوهرياً Intrinsically ضعيفة جداً، وقصيرة المجال أو لا كلاهما. إننا لا نعرف دائماً لماذا القوى ومجالات القوى متنوعة في الطبيعة هي على ما هي عليه. فقط نكون قادرين على حسابها من نظرية أساسية عميقة كامنة. وبالمقابل، قد تكون ببساطة «ثوابت طبيعية» لا يمكن اشتقاقها من القوانين ذاتها. وهناك إمكانية ثالثة هي: أن هذه الثوابت ليست معطى إلهياً كأرقام ثابتة على الإطلاق، لكن يتم تحديدها بالحالة الحقيقية للكون بكلمات أخرى قد تكون مرتبطة بالشروط البدئية الكونية.

أما خاصية الموضعية فلها علاقة بحقيقة أن ـ في معظم الحالات ـ سلوك نظام فيزيائي يحدد كلياً بالقوى والمؤثرات التي تنشأ في القرب المباشر. فعندما تسقط تفاحة فإن معدل تسارعها عند كل نقطة في الفضاء يعتمد على مجال الجاذبية في تلك النقطة فقط. وملاحظات مماثلة تنطبق على معظم القوى والظروف الأخرى. هناك ظروف تنشأ فيها تأثيرات غير محلية. ففي ميكانيك الكوانتم يستطيع جسمان دون ذريين أن يتفاعلا محلياً، ثم يتباعدا منفصلين عن بعضهما. لكن قوانين فيزياء الكوانتم هي كذلك حتى أن تنتهي الجسيمات على جوانب متقابلة من الكون، يجب أن تعامل ككل غير قابل للانقسام. ونوع القياسات المطبقة على واحدة من الذرات سوف يعتمد ـ جزئياً ـ

على حالة الجسيم الآخر. أسمى آينشتاين هذه اللاموضعية باسم «التأثير الشبحي من بعد»، ورفض أن يصدقها. لكن تجارب حديثة قد أثبتت دون شك أن هذه التأثيرات اللاموضعية هي تأثيرات حقيقية. لنتكلم بشكل عام عند مستوى ما دون الذري حيث فيزياء الكوانتم تكون هامة، إن مجموعة جسيمات دون ذرية يجب أن تعامل باحترام سلوك ذرة واحدة، فسلوك كل جسيم مرتبط بشكل وثيق بسلوك الأخرى، مهما قد تكون المسافة الفاصلة بين الجسيمات داخل الذرة كبيرة. تنطوي هذه الحقيقة على معنى هام: الكون هو كل واحد. فإن يلتقط المرء حالة كوانتم عشوائية كنموذج للكون كله، فمن المحتمل أن هذه الحالة ستمثل ارتباطاً كبيراً بجميع الذرات في الكون. لقد ناقشت ـ في الفصل الثاني ـ الأفكار الحديثة لدى هارتل هاوكينغ المتعلقة بالتفسير الكمومي للكون كله، أي الكوسمولوجيا الكمومية. إن إحدى أعظم التحديات التي تواجه الكوسمولوجيين الكموميين هو تفسير نشأ في عالم الواقع من لا شكلية أصله الكمومي Fuzziness. فميكانيك الكوانتم يشمل أيضاً مبدأ عدم اليقينية لها يزنبيرغ الذي له تأثير تشويه جميع قيم الكميات المراقبة بطريقة لا يمكن التنبؤ بها. وبذلك فإن الكترون في مدار حول ذرة لا يمكن اعتباره أن له موقع محدد تماماً في الفضاء في أية لحظة، وينبغي على المرء ألا يظن أنه يدور حول نواة الذرة على مسار محدد، لكن بدلاً عن ذلك يكون مشتتاً بطريقة غير محددة حول الذرة.

على الرغم من أن هذه هي الحالة بالنسبة للالكترونات في الذرة، لكن عندما يتعلق الأمر بالأشياء الماكروسكوبية فإننا لا نلاحظ هذا مشتتاً. فكوكب المريخ له موقع في الفضاء عند كل لحظة، ويتبع مساراً محدداً حول الشمس، لكن على الرغم من ذلك، مايزال المريخ خاضعاً لقوانين الكوانتم. فكما سأل إنريكو فيرمي ذات يوم، يستطيع المرء أن يسأل لماذا يتعرض المريخ للتشتت حول الشمس بنفس الطريقة التي يتعرض لها الكترون حول الذرة. بكلمات أخرى، إذا ما علمنا أن الكون قد ولد في واقعة كوانتم، فكيف نشأ عالم كمومي أساساً؟ فعندما نشأ الكون، كانت اللايقينية الكمومية تغمر مكاناً صغيراً جداً. بينما في يومنا هذا لا نلاحظ أية لا يقينية في الأجسام الماكروسكوبية.

لقد افترض معظم العلماء ببراعة أن عالماً لا كمومياً تقريباً لابد أنه قد ظهر آلياً من الانفجار الكبير، حتى من انفجار كبير سيطرت فيه تأثيرات الكوانتم. لكن هارتل وجيل

مان Mann قد تحديا هذه الفرضية مؤخراً. يقولان أن وجود عالم كلاسيكي بشكل تقريبي، والذي توجد فيه أجسام مادية محددة تماماً في مواقع واضحة في الفضاء، التي فيها مفهوم محدد تماماً للزمن، يتطلب شروطاً بدئية كونية خاصة. وتدل الحسابات التي أجرياها على أن ـ فيما يتعلق بمعظم الحالات البدئية لولا ذلك لما كان نشأ عالم كلاسيكي. ففي تلك الحالة، فإن قابلية العالم للفصل إلى أجسام واضحة تحتل مواقع محددة في خلفية محددة تماماً، فإن المكان ـ الزمان لن يكون ممكناً: أي لن تكون هناك موضعية. يبدو من المحتمل أن في عالم مشتت كهذا، لا يستطيع المرء أن يعرف شيئاً دون معرفة كل شيء. ويجادل هارتل وجيل مان أن فكرة قوانين فيزيائية تقليدية مثل ميكانيك نيوتن يجب أن نعتبرها ليست جوانب أساسية بحق في الواقع، بل بقايا من الانفجار الكبير، وسلسة حالة الكوانتم الخاصة التي نشأ فيها الكون.

فإن تكن هذه هي الحالة أيضاً ـ كما أشرنا بإيجاز أعلاه ـ فإن القوى ومجالات قوى الطبيعة هي معتمدة على حالة الكون الكمومية، وبالتالي نتوصل إلى نتيجة هامة: إن كلا الخطية والموضعية في معظم الأنظمة الفيزيائية لن تكون سلسلة من مجموعة قوانين أساسية على الإطلاق، بل ستكون تابعة للحالة الكمومية الخاصة التي نشأ فيها الكون. فبما أن العلم قابل للفهم، فإننا نستطيع باستمرار أن نكتشف القوانين ونوسع من فهمنا للطبيعة الحقيقية ذاتها، بأن العلم يفعل لن يكون صحيحاً، مطلقاً وحتمياً، لكن بالإمكان إرجاعه ربما، إلى شروط بدئية كونية شديدة الخصوصية. «والفعالية غير المعقوله» للرياضيات أثناء تطبيقها على العالم الطبيعي، يمكن أن تعزى إلى شروط بدئية فعالة بشكل غير معقول.



الفصل السابع

لماذا العالم كما هو عليه؟

ألمح آينشتاين ـ ذات يوم ـ إلى ما هو أكثر أهمية بالنسبة إليه هو ما إذا كان لدى الله أي خيار في خلق العالم على غير ما هو عليه. فآينشتاين لم يكن متديناً بالمعنى التقليدي للكلمة، لكنه كان يحب استخدام كلمة الله كاستعارة من أجل التعبير عن أسئلة وجودية عميقة. وهذا السؤال ذاته أغضب أجيالاً من العلماء والفلاسفة واللاهوتيين. فهل كان لزاماً على العالم أن يكون كما هو عليه، أم كان بوسعه أن يكون في شكل آخر، ولو كان كذلك فما نوع التفسير الذي ينبغي علينا أن نقدمه جواباً لسؤال لماذا الكون في شكله كما هو؟

ففي الإشارة إلى مسألة حرية الله في خلق عالم من اختياره هو، كان آينشتاين يشير إلى الفيلسوف بنديكت سبينوزا الذي عاش في القرن السابع عشر. كان يؤمن سبينوزا بوحدة الوجود، والأشياء في الكون الفيزيائي كصفات لله بدلاً من أن تكون من خلقه. فعن طريق تعريف الله بالطبيعة فقد رفض سبينوزا الفكرة المسيحية القائلة بإله متعالي خلق الكون كفعل حر. ومن ناحية ثانية، لم يكن سبينوزا ملحداً، لأنه كان يعتقد بأن لديه برهان منطقي على أن الله لابد أنه موجود. لكن سبينوزا ساوى بين الله والكون الفيزيائي، وتصاعد هذا إلى برهان أن كوننا كان لابد من أن يوجد أيضاً. فبالنسبة لالسبينوزا لم يكن لدى الله خيار في الأمر: «فربما لم تجلب الأشياء إلى الوجود بواسطة الله في أي شكل في أي نظام مختلف عن ذلك الذي حصل عليه».

هذا النوع من التفكير بأن الأشياء هي كما هي عليه، كنتيجة لضرورة منطقية أو حتمية شائع جداً في أيامنا هذه في أوساط العلماء، ويفضل معظمهم أن يسقطوا الله

من القضية تماماً. فإذا كانوا على صواب، فهذا يعني أن العالم يشكل نظاماً مغلقاً وتاماً، كل شيء فيه قد تم تفسيره، ولا يتبقى هناك من سر. كما يعني أيضاً أن من حيث المبدأ، لا حاجة بنا ـ فعلياً ـ لأن نراقب العالم كي نكون قادرين على فهم شكله ومحتواه: لأن كل شيء يستتبع من ضرورة منطقية، وطبيعة الكون ستكون من نتاج العقل وحده. كتب آينشتاين يقول «عند مراودة هذه الفكرة فإن ما أتبناه حقاً هو أن الفكر المحض يستطيع أن يفهم الواقع، مثلما حلم القدماء... نستطيع إن نستكشف بواسطة الإنشاءات الرياضية المفاهيم والقوانين التي تربطها مع بعضها بعضاً، وهذا ما يقدم المفتاح إلى فهم الظواهر الطبيعية»(١). بطبيعة الحال، قد لا نكون أذكياء بما يكفي كي نستنبط المفاهيم الصحيحة والقوانين عن طريق الاستنتاج الرياضي وحده، لكن ذلك ليس هو الفكرة. فلو كان مخطط تفسيري مغلق كهذا ممكنا حتى، لكان يغير بكل عمق تفكيرنا تجاه الكون ومكاننا فيه. لكن هل لمزاعم الكمال والفرادة هذه أي أساس، أم أنها مجرد أمل غامض؟

كون مفهوم

تحت جميع هذه المسائل يكمن افتراض حاسم هو:أن العالم منطقي ومفهوم في الوقت ذاته، وغالباً ما يعبر عن هذا الافتراض في مصطلح «مبدأ السبب الكافي» الذي مفاده أن كل شيء في العالم هو كما هو عليه لعلة ما. فلماذا السماء زرقاء؟ ولماذا تسقط التفاحة؟ ولماذا هناك تسعة كواكب في النظام الشمسي؟ والإجابة عليها «لأن ذلك هو ما هو قائم في الوجود» لا ترضينا عادة. إننا نعتقد أنه لابد من وجود سبب ما خلف تساؤلات لماذا الأشياء هي كذلك. فلو وجدت حقائق تجاه العالم التي يجب قبولها دونما سبب وبكل بساطة، فإن ما نسميها حقائق محضة لكانت تتحطم العقلانية ويغدو العالم عبثياً.

فمعظم الناس يتقبلون مبدأ السبب الكافي دونما تساؤل. والمشروع العلمي برمته ـ على سبيل المثال ـ مبني على المنطقية المفترضة في الطبيعة. ومعظم اللاهوتيين يؤيدون أيضاً هذا المبدأ، لأنهم يؤمنون بإله عقلاني. لكن هل نستطيع أن نكون متأكدين تماماً أن المبدأ منزه عن الخطأ. وهل هناك سبب كافي كي نصدق مبدأ السبب الكافي؟ وأن نكون متأكدين من انه ـ عادة ـ يعمل على ما يرام: فالتفاحة تسقط بسبب الجاذبية، والسماء زرقاء بسبب الموجات الضوئية القصيرة التي تبعثرها جزيئات الهواء وهلم جرا. لكن ذلك لا يقدم ضمانة بأنه سوف يفعل دائماً. فإذا كان المبدأ خاطئ، عندئذ المزيد من البحث في قضايا نهائية يصبح دون جدوى. أما مسألة ما إذا كان المبدأ معصوماً أم لا، فإنها تستحق القبول كفرضية فاعلة لنرى إلى أين تقود. ففي مواجهة قضايا الوجود العميقة علينا أن نفكر بإمكانية صنفين واضحين من الأشياء. في الصنف الأول هناك حقائق عن العالم الفيزيائي مثل عدد الكواكب في النظام الشمسي. ففي الحقيقة هناك تسعة كواكب. لكن يبدو أن من غير المعقول أن نفترض أنه يجب أن يكون هناك تسعة

كواكب. بكل تأكيد نستطيع أن نتخيل ـ وبكل سهولة ـ أن هناك ثمانية عشر كوكباً. والتفسير النموذجي لسؤال لماذا توجد تسعة كواكب يركز على الطريقة التي تشكل منها النظام الشمسي من سحابة من الغاز، والوفرة النسبية للعناصر في الغاز وهكذا. وبما أن شرح سمات النظام الشمسي يعتمد على شيء آخر عدا نفسه، إذ يقال أن هذه السمات تتوقف على عوامل جائزةContingent في وجودها على بعضها. إن شيئاً ما يكون جائزاً إذا كان بالإمكان أن يكون غير ذلك، بحيث أن السبب لماذا هو على ما هو عليه يعتمد على شيء آخر خارج ذاته.

أما الصنف الثاني فيشير إلى حقائق أو أشياء أو أحداث ليست جائزة. فأشياء كهذه تسمى «ضرورية». فشيء ما يكون ضرورياً إذا كان على ما هو عليه بشكل مستقل تماماً عن أي شيء آخر. فالشيء الضروري يحتوي علة ذاته ضمن ذاته، ويكون غير متغير أبداً، إذا ما كان كل شيء آخر مختلفاً.

من الصعب أن يقتنع المرء بوجود أية أشياء ضرورية في الطبيعة. فبكل تأكيد جميع الأشياء الفيزيائية التي نراها في العالم، والأحداث التي تحدث لها، تؤثر بطريقة ما على بقية العالم، ولذلك يجب أن نعتبرها أشياء جائزة. زد على ذلك، إذا كان شيء ما هو بالضرورة على ما هو عليه، إذن ينبغي أن يكون دائماً على ما هو عليه: إنه لا يتغير، شيء ضروري لا يستطيع أن يبدي مرجعيته إلى الزمن. مع ذلك إن حالة العالم تتغير باستمرار مع مرور الزمن، لذلك فإن جميع الأشياء الفيزيائية التي تشترك بذلك التغير يجب أن تكون جائزة.

فماذا عن الكون ككل، إن نضمن داخله تعريف «الكون» الزمن ذاته؟ فهل قد يكون ذلك ضرورياً؟ هذا ما زعمه اسبينوزا وأتباعه. من الصعب أن نرى بلمحة واحدة أنهم ربما كانوا على صواب. إذن نستطيع أن نتخيل بسهولة أن يكون الكون مختلفاً عما هو عليه. لكن كوننا قادرين أن نتخيل شيئاً ما لا يشكل ضمانة أن شيئاً كهذا أمر ممكن، أو ممكن منطقياً حتى. لكنني أعتقد أن هناك أسباب وجيهة للسؤال عن: ربما كان الكون غير ذلك، وهذا ما سأناقشه بعد قليل.

فماذا عن قوانين الفيزياء؟ فهل هي جائزة، أم ضرورية؟ فالحالة هنا هي أقل وضوحاً: فعادة ما نعتبر هذه القوانين أنها لا زمن لها وأبدية. من ناحية ثانية، تبين

التجربة أنه بينما تتقدم الفيزياء، بالتالي فإن ما ظنه الناس أنها قوانين مستقلة، يكتشفون أنها مترابطة بعضها مع بعض. فهناك مثال جيد هو الاكتشاف الجديد أن القوة النووية الأضعف والقوة الكهرطيسية هما في حقيقة الأمر جانبان لقوة كهربائية ضعيفة واحدة يتم وصفها بنظام مشترك من المعادلات. وهكذا يتضح أن القوى الانفرادية هي جائزة في وجودها على قوى أخرى. لكن هل من الممكن أن هناك قوة خارقة موجودة، أو حتى قانون خارق موحد تماماً، وهل ذلك ضروري؟ إن فيزيائيين كثيرين يعتقدون ذلك. فبعض العلماء المعاصرين مثل الكيميائي بيتر أتكنز Atkins في جامعة أوكسفورد يشير إلى هذا التلاقي للفيزياء الأساسية باتجاه قانون خارق موحد لمقولة أن العالم الفيزيائي ليس جائزاً، بل هو كما هو عليه بالضرورة. يقول الفيزيائيون إن البحث عن مزيد من الشرح لذلك في الميتافيزيقا هو عمل مجاني. يتطلع هؤلاء العلماء إلى زمن جميع قوانين الفيزياء فيه ستكون مندمجة في مخطط رياضي وحيد، ويزعمون أن المخطط سيكون المتوفر الوحيد المتسق منطقياً بذاته.

لكن آخرين وجهوا اهتمامهم إلى هذا التوحيد المتقدم وتوصلوا إلى نتيجة عكسية. فعل سبيل المثال تأثر البابا يوحنا بولص الثاني عميقاً بالتقدم الأخاذ الذي تم إحرازه في ربط جزيئات العناصر المتنوعة للمادة بقوى الطبيعة الأساسية الأربع، ورأى مؤخراً أن من المناسب أن يخاطب مؤتمراً علمياً حول المعاني العريضة:

يمتلك الفيزيائيون معرفة مفصلة ـ مع أنها ناقصة ومؤقتة ـ لذرات أولية للقوى الأساسية التي من خلالها تتفاعل مع قدرات متوسطة ومتدنية. إنهم ـ الآن ـ يمتلكون نظرية مقبولة توحدها القوى الكهرطيسية والقوى النووية الضعيفة، بمجال نظريات موحدة عظيمة ما تزال واعدة. ومع أنها لا تزال أقل كفاءة، إلا أن هذا المجال من النظريات يحاول دمج التفاعل الداخلي النووي القوي أيضاً. وفي مسار هذا التطور ذاته، هناك العديد من المقترحات التفصيلية من أجل المرحلة النهائية لتوحيد خارق، أي توحيد جميع القوى الأساسية الأربع، شاملاً الجاذبية. وليس مهماً ـ بالنسبة لنا ـ أن ننوه أن في ميدان اختصاص دقيق كهذا في الفيزياء الحديثة، هناك هذا الدافع باتجاه التلاقي. فالغاية من هذا التلاقي هي الطريقة التي تحيط بشكل مستمر بقوانين الفيزياء المقبولة، وجود رابط جديد تم إحرازه، ويتطلب استقلالية متبادلة وانسجاماً بين القوانين التي تحكم الأجزاء المستقلة. المطب هو أن جميع النظريات هي في حالة انسجام مع

ميكانيك الكوانتم ومع النظرية النسبية ـ تفترض مسبقاً ـ قيوداً صارمة على الشكل الرياضي الذي تتخذه هذه القوانين. وهذا يحفز الافتراض أن ذات يوم ـ ولربما قريباً ـ يكون قد تم إحراز التلاقي، وقد تم بلوغ عرض موحد كلياً لجميع قوانين الطبيعة. وهذه هي فكرة ما يسمى نظرية كل شيء Throry of everything المذكورة بإيجاز في الفصل الأول.

نظرية فريدة لكل شيء

هل نظرية كل شيء ممكنة؟ علماء كثيرون يعتقدون ذلك. ويعتقد بعضهم أن بإمكاننا ـ تقريباً ـ أن نمتلك نظرية كهذه. إنهم ينوهون بنظرية السلسلة الخارقة super-string أو الخيط الخارق المعروف في الوقت الراهن كمحاولة جادة لدمج جميع القوى الأساسية، والجزيئات الفيزيائية ـ إضافة إلى بنية المكان ـ الزمان ـ في مخطط رياضي وحيد حاضن للكل. هذه الثقة ليست جديدة تماماً. وهناك تاريخ طويل من محاولات لإنشاء تفسيرات للعالم موحدة تماماً. ففي كتابة/نظرية كل شيء: البحث عن تفسير نهائي/ يعزو العالم جون بارو Barrow إغراء نظرية كهذه إلى الإيمان العاطفي بكونٍ منطقي: أي هناك منطق يمكن فهمه خلف الوجود الفيزيائي الذي بالإمكان ضغطه في شكل موجز ملزم.

السؤال الذي يبرز بعدئذ هو: ما إذا ـ أثناء إنجاز هذا التوحيد الإجمالي ـ ستصبح النظرية مقيدة بإحكام بمتطلبات الاتساق الرياضي، بحيث تعد النظرية فريدة. فإن يكن الأمر كذلك، فقد يكون هناك نظام فيزيائي موحد واحد، بقوانينه المتنوعة الثابتة بالضرورة المنطقية. يقال إن العالم سوف يتم تفسيره: قوانين نيوتن، معادلات المجال الكهرطيسي لماكسويل، ومعادلات آينشتاين في مجال الجاذبية، وكل ما تبقى سوف يستتبع لا محالة من متطلبات الاتساق المنطقي، مثلما استتبعت نظرية فيثاغورث من مسلمات الهندسة الإقليدية. فإذا ما دفعنا هذه المسار من النقاش إلى مداه، إذن لا حاجة لأن يزعج العلماء أنفسهم بالملاحظة أو بالتجربة. العلم لن يكون شأناً تجريبياً بل فرع من المنطق الاستنتاجي، وقوانين الطبيعة تنال مكانة نظريات رياضية، وخصائص العالم قابلة للاستنتاج عن طريق استخدام العقل فقط.

هناك تاريخ طويل للاعتقاد بأن بالإمكان معرفة طبيعة الأشياء في العالم من خلال

تدريب العقل المحض، باستخدام النقاش المنطقي الاستنتاجي من بديهيات واضحة بذاتها. إذ بالإمكان أن نجد عناصر هذه المقاربة في مؤلفات أفلاطون وأرسطو. وقد عادت هذه المقاربة إلى الظهور في القرن السابع عشر مع الفلاسفة العقلانيين من أمثال ديكارت الذي شيد نظاماً فيزيائياً أراد أن تكون جذوره في العقل وحده، بدلاً من أن تكون في الملاحظة التجريبية. وفي ثلاثينيات القرن العشرين حاول الفيزيائي ي.أ.ميلين (Milne) أن يقيم وصفاً استنتاجياً للجاذبية وعلم نشأة الكون. ويتضح أن ـ في السنوات الأخيرة ـ فكرة وصف موحد تام للفيزياء قابل للبرهنة عليه استنتاجياً، وأصبح مسايراً أكثر للتيار العام. وهذا ما حفز هاوكينغ على أن يختار لمحاضرته بمناسبة تدشين كرسي الأستاذية Lucasian العنوان المثير: «هل النهاية منظورة بالنسبة للفيزياء النظرية؟».

لكن هل هناك أي دليل على أن هذه الحالة للقضية أمر محتمل؟ فإذا ما تركنا جانباً عدم اليقينيات حول ما إذا كان العمل الحالي على الأوتار الخارقة وما شابهها يشير فعلاً إلى توحيد مبكر. إنني أعتقد أن لمن الخطأ الواضح أن نعتبر نظرية موحدة خارقة، ستكون فريدة. لقد توصلت إلى هذا الاستنتاج بناء على عدة أسباب. السبب الأول، هو أن الفيزيائيين النظريين يناقشون كثيراً «أكوان دمىtoy universes» متسقة رياضياً، والتي لا تشبه كوننا نحن بكل تأكيد، ولقد شرحت السبب لذلك في الفصل الأول. لقد قابلنا واحداً من أمثال الكون الدمى الخلوية الآلية، وهناك أمثلة عديدة أخرى. فلكي يكون لدينا أي أمل بالانفرادية ـ كما يبدو لي ـ فإننا سنكون بحاجة لأن نطالب ليس باتساق ذاتي فقط بل بمجموعة مواصفات جائزة كالتزام بالنسبية، أو بوجود تناظرات محددة، أو بوجود ثلاثة أبعاد للمكان وبعد للزمان.

أما المشكلة الثانية، فتتعلق بمفهوم الانفرادية الرياضية والمنطقية ذاتها. فالرياضيات يجب أن تبنى على مجموعات من البديهيات. فعلى الرغم من أنه بالإمكان استنتاج نظريات الرياضيات من داخل نظام البديهيات، إلا أنه ليس بالإمكان استنتاج البديهيات من الرياضيات. فالبديهيات يجب أن تسوغ من خارج النظام. بوسع المرء أن يتخيل مجموعات عديدة مختلفة من البديهيات تفضي إلى مخططات منطقية مختلفة. كما أن هناك أيضاً المشكلة الجدية لنظرية غوديل. فوفقاً لهذه النظرية من المحتمل ـ عموماً ـ من ضمن نظام البديهيات أن نبرهن أن البديهيات متسقة. وإذا أمكن تبيان الاتساق،

فلن يكون نظام البديهيات تاماً عندئذ، أي بمعنى أنه سيكون هناك قضايا رياضية صحيحة لا يمكن البرهنة على صحتها من ضمن ذلك النظام. ففي مقالة حديثة ناقش راسل ستانادر Stannard المعاني التي ينطوي عليها توحيد الفيزياء: نظرية حقيقية لكل شيء يجب أن تفسر ليس فقط كيف أتى الكون إلى الوجود، بل أيضاً لماذا هذا النمط الوحيد للكون كان ممكناً، ولماذا كان ممكناً أن توجد مجموعة واحدة من قوانين الفيزياء.

فهذا الهدف ـ أعتقد أنه مراوغ... فهذا النقص الصميمي للكمال الذي لا يمكن تجنبه، لابد أن يعكس نفسه في أي نظام رياضي مهما كان يحاكي كوننا. فنحن كمخلوقات تنتمي إلى العالم الفيزيائي سنكون جزءاً من ذلك النموذج. وبالتالي، ينجم عن ذلك أننا لن نكون قادرين أن نتقصى جميع القضايا الصحيحة التي بالامكان صوغها عن الكون(٣).

يتحرى جون بارو أوجه القصور التي تنطوي عليها نظرية غوديل من أجل التوصل إلى نظرية كل شيء، فيستنتج أن نظرية كهذه ستكون «بعيدة عن أن تكون كافية للكشف عن غوامض كون مثل كوننا... إذ لا توجد معادلة تستطيع أن تقدم كل الحقيقة، وكل انسجام وكل بساطة. فلن تستطيع نظرية لكل شيء أن تقدم بصيرة إجمالية أبداً. لأن أن نرى من خلال كل شيء، سيجعلنا نرى لا شيء على الإطلاق»(٤).

بالتالي، فالبحث عن نظرية كل شئ فريدة حقاً، والتي ستستأصل كل شيء جائز، وتوضح أن العالم الفيزيائي يجب أن يكون بالضرورة كما هو عليه، يبدو أن هذا البحث محكوم بالفشل بناءاً على أسباب الاتساق المنطقي، إذ ليس بالإمكان إثبات أن نظاماً عقلانياً هو نظام متسق وتام. وسوف يبقى هناك دائماً ثغرة، عامل سري ما، شيء ما غير مفسر. أما الفيلسوف توماس تورانس Torrance فيعنف الذين يسقطون أمام إغراء الاعتقاد بأن الكون هو «نوع من حركة مستمرة Perpetum mobile، موجد ذاته، قائم بذاته، جاذبيته تفسر ذاتها، متسق كلياً، وتام بذاته، وبذلك مسجوناً داخل دورانية لا هدف لها، لا مفر منها». ويحذر «ليس هناك سبب جوهري في الكون يفسر لماذا ينبغي أن يوجد على الإطلاق، أو لماذا يجب أن يكون كما هو عليه فعلاً. بالتالي

فإننا نخدع أنفسنا إن كنا نعتقد أننا نستطيع أن نتأكد من أن الكون لم يكن بوسعه إلا أن يكون كما هو عليه فقط»(٥). فهل من الممكن أن قوانين كوننا ـ التي هي ليست فريدة منطقياً ـ هي القوانين الممكنة فقط التي بإمكانها أيضاً أن تؤدي إلى نشوء تعقيد؟ فلربما أن كوننا هو الكون الممكن فقط الذي سمح فيها للبيولوجيا، وبالتالي للعضويات الواعية أن تنشأ فيه. فهذا سيكون إذن الكون الوحيد القابل للإدراك. أو لنعد إلى سؤال آينشتاين: ما إذا كان لدى الله أي خيار في خلقه. الجواب سيكون كلا، إلا إذا أراد أن يمضي دون أن يلحظه أحد. لقد أورد ستيفن هاوكينغ هذه الإمكانية في كتابه /تاريخ موجز للزمن/: «قد يكون هناك واحدة فقط، أو عدد قليل من نظريات موحدة تامة مثل نظرية السلسلة Heterotic، نظريات متسقة ذاتياً، وتسمح بوجود بنىً معقدة مثل الكائنات البشرية التي تستطيع أن تتحرى قوانين الطبيعة وأن تتساءل عن طبيعة الله»(٦).

قد يكون أنه ليس هناك مانع منطقي لهذا الاقتراح الأضعف، فأنا لا أعرف. لكنني أعرف أنه لا يوجد دليل إطلاقاً لصالحه. بالإمكان طرح قضية أننا نعيش في كون ممكن، وهو الأكثر إمكانية لأن نفهمه ـ أي قوانين الفيزياء هي المجموعة الأكثر اتساقاً ذاتياً منطقياً، والتي تسمح بأنظمة تعيد إنتاج نفسها. لكن حتى هذا الهدف المبلل بالماء يبدو عصياً عن المنال. فكما رأينا في الفصل الرابع هناك عوالم آليات الخلوية من الممكن أن تحدث فيها إعادة إنتاج ذاتي، والقواعد المحددة لهذه العوالم بسيطة جداً لدرجة أن من الصعب أن نتخيل أن القوانين النهائية الموحدة للفيزياء أن تكون أكثر بساطة.

دعني الآن أعود إلى مشكلة أكثر جدية تتعلق بمناقشة مسألة «كون فريد»، مناقشة غالباً ما تكون مُجَمَّلَة. فحتى لو كانت القوانين الفيزياء فريدة، فهذا لا يستتبع أن الكون الفيزيائي فريد. فكما شرحت في الفصل الثاني: ينبغي أن تكون قوانين الفيزيائية تضم شروطاً بدئية كونية. فمجموعة ممكنة من شروط بدئية هي المقترح الذي تقدم به هارتل وهاوكينغ، وقد ناقشته في الفصل الثاني، فقد يكون هذا خياراً طبيعياً، إلا أنه فقط واحد من سلسلة لا نهائية لخيارات أخرى ممكنة. لا شيء في التصورات الراهنة حيال «قوانين شروط بدئية» أنها تعني اتساقها مع قوانين الفيزياء، وسيعني الانفرادية، بل القضية بعيدة عن ذلك. لقد قال هارتل أن هناك أسباباً عميقة ـ من حيث المبدأ ـ تحول دون إمكانية أن يكون هناك قوانين فريدة: «إننا نصوغ نظرياتنا كجزء من هذا الكون،

وليس خارجه، وهذه الحقيقة يجب أن تحد حتماً النظريات التي نشيدها. فعلى سبيل المثال نظرية شروط بدئية، يجب أن تكون بسيطة بما يكفي بحيث يمكن تخزينها ضمن الكون». عندما نتناول موضوع علمنا فإننا نحرك المادة. وحتى عملية التفكير تتضمن اضطرابات الكترونات في أدمغتنا، فمع أن هذه الاضطرابات دقيقة إلا أنها تؤثر على مصير الكترونات وذرات أخرى في الكون. ويستنتج هارتل: «من هذا المنظور، يجب أن يكون هناك نظريات عديدة ذات شروط بدئية، مقدمة دون تمييز من خلال عملنا على بنائها».

ذبابة أخرى في المرهم تتعلق بطبيعة العالم الكمومية أساساً، بحتميتها الملازمة. فالكل يقول إن نظريات كل شيء يجب أن تدمج هذا المبدأ الذي يعني أن أفضل ما تستطيع القيام به نظرية كهذه هو أن (تبرهن) نوعاً من معظم عالمنا المحتمل. فالعالم الواقعي يختلف بكم كبير من الطرق التي لا يمكن التنبؤ بها في مجال ما دون الذري. وقد يكون هذا مؤثراً على مجال ماكروسكوبي. فواقعة دون ذرية ـ على سبيل المثال ـ تستطيع أن تولد تحولاً بيولوجياً قد يغير مسار الارتقاء.

نظام جائز

يبدو أن الكون الفيزيائي لم يكن عليه أن يكون كما هو عليه، وأنه كان بالإمكان أن يكون على غير ما هو عليه. فالافتراض القائل أن الكون جائز، ومفهوم معاً، هو الذي يقدم الدافع للعلم التجريبي. لأنه دون جواز ـ من حيث المبدأ ـ سنكون قادرين أن نفسر الكون باستخدام الاستنتاج الرياضي وحده، حتى دون أن نلاحظه أبداً. وبدون إمكانية الفهم لما كان هناك علم. فالفيلسوف إيان باربورBarbour يقول: «إن الدمج بين الجواز وإمكانية الفهم هما ما يحفزنا على البحث عن أشكال نظام منطقي غير متوقع». ويوضح باربور أن الجواز بالنسبة للعالم هو رباعي المنحى. المنحى الأول هو قوانين الفيزياء التي تبدو أنها جائزة. والثاني، هو الشروط البدئية الكوسمولوجية التي كان ممكناً أن تكون على غير ما هي عليه. والثالث، إننا نعرف ميكانيك الكوانتم بأن «الله يلعب النرد»، أي هناك عنصر إحصائي أساسي في الطبيعة. وأخيراً هناك حقيقة أن الكون موجود. في نهاية المطاف، مهما قد تكون نظريتنا عن الكون شاملة، ليس هناك إلزام بالنسبة للعالم أن يقبل على الفور بتلك النظرية. ولقد عبر هاوكينغ عن هذه النقطة الأخيرة «لماذا يسير الكون إلى كل المشكلات التي تزعج الوجود؟ فما الذي ينفخ النار في المعادلات، ويجعل لها كونا كي نصفه؟»(٩).

أعتقد أن هناك نوعاً خامساً من الجواز نعثر عليه في القوانين «ذات المستوى الأعلى» المرتبطة بالخصائص التنظيمية لأنظمة معقدة. لقد قدمت عرضاً تاماً لما أعنيه بتلك القوانين في كتابي /بصمة الكون/، ولهذا السبب سوف أقتصر على إيراد بعض أمثلة فقط. لقد ذكرت سابقاً أن قوانين ماندل في الوراثة، والتي على الرغم من اتساقها مع قوانين الفيزياء الكامنة، إلا أنها لا يمكن استنباطها من قوانين الفيزياء فقط، وكذلك الأمر بالنسبة للقوانين والانتظامات المتنوعة الموجودة في نظم فوضوية، أو في نظم ذاتية

التنظيم، أو تلك التي تعتمد لا على قوانين الفيزياء فقط، بل أيضاً على الطبيعة المحددة للأنظمة المعنية. ففي حالات عديدة، الشكل المحدد لنماذج السلوك الذي تتبناه هذه الأنظمة يعتمد على بعض من التذبذب المايكروسكوني العرضي، ولذلك يجب اعتباره غير محدد مسبقاً. فهذه القوانين العالية المستوى، وهذه الانتظامات تمتلك سمات ظرفية مشروطة هامة على القوانين الفيزيائية العادية.

السر الكبير حول الجواز هو، ليس أن العالم كان من الممكن أن يكون على غير ما هو عليه، بل لكنه منظم جائز. وهذا أمر ظاهر بقوة في مجال البيولوجيا حيث العضويات الأرضية هي جائزة بكل وضوح، في عالم أشكال خاصة «كان من المكن أن تكون مختلفة، حيث هناك نظام معروف ومنتشر في المحيط الحيوي. فلو كانت الأشياء والأحداث عشوائية فقط، ومرتبة بطريقة ليست ذات معنى خاص، لكان ترتيبها الخاص ما يزال غامضاً. لكن حقيقة أن سمات جواز العالم هي أيضاً مرتبة، أو من نموذج، فهذه حقيقة لها معنى عميق بكل تأكيد.

هناك سمة أخرى تتعلق بما هو جائز بالنسبة للعالم المرتب بطبيعة الترتيب، هي التي تسبغ المنطقية على الكون. زد على ذلك، هذه التراتبية المقدسة أمر مفهوم لنا، فهذه الملامح تجعل السر أكثر عمقاً بكثير، ومهما كان تفسير هذا السر، فإن المشروع العلمي كله مؤسس عليه. يقول تورانس «إن هذا الدمج لما هو جائز، والعقلانية والحرية هي التي تعطي الكون شخصيته الهامة، والتي تجعل الاستكشاف العلمي للكون ليس ممكناً فقط، بل أمراً مفروضاً علينا. إن من خلال الرابطة المتينة الكامنة لما هو جائز والاستقرار في الكون أصبح العلم الطبيعي يعمل بالروابط المتداخلة بين التجربة والنظرية التي وسمت أعظم تقدم حققناه في معرفة العالم الفيزيائي»(١٠).

الاستنتاج الذي توصلت إليه هو أن الكون الفيزيائي ليس مجبراً أن يكون كما هو، إذا كان بالإمكان أن يكون على غير حالته. فما نوع التفسير الذي باستطاعتنا أن نسعى إليه لوجوده ولشكله المميز؟

دعنى أولاً أتخلص من محاولة بسيطة في التفسير الذي يتم اقتراحه أحياناً. لقد جادل بعض العلماء أن بالإمكان تفسير كل شيء في الكون من خلال شيء آخر، وهكذا دواليك في سلسلة لا متناهية. فكما ذكرت في الفصل الثاني، استخدم بعض

أنصار نظرية الحالة الثابتة هذه المحاكمة العقلية على أساس أن الكون ليس له أصل في الزمن، تبعاً لهذه النظرية. لكن من الخطأ تماماً أن نفترض أن سلسلة لا متناهية من التفسير هي سلسلة مرضية، على أساس أن كل فرد في تلك السلسلة يتم تفسيره عن طريق الفرد المجاور له. ما يزال الانسان متروكاً مع السر: لماذا تلك السلسلة المحددة هي الوحيدة الموجودة، أو لماذا توجد أي سلسلة؟ لقد ذكر ليبنتز Leibniz هذه النقطة ببلاغة من خلال دعوتنا لأن نتأمل مجموعة لا متناهية من الكتب، كل كتاب منسوخ عن الكتاب السابق. وبالتالي فإن القول إن مضمون الكتاب قد تم تفسيره يغدو أمراً سخيفاً. فلا يزال لدينا مبرر في التساؤل عن من كان مؤلف الكتاب.

فكما يبدو لي، إذا استمر المرء مع نفس مبدأ السبب الكافي، ومع مطالب تفسير عقلاني للطبيعة، عندئذ لن يكون لدينا خيار سوى أن نسعى إلى ذلك التفسير في شيء ما خارج أو خلف العالم الفيزيائي، في شيء ما غيبي، كما رأينا ـ إن كوناً فيزيائياً جائزاً لا يمكن أن يحوي داخل ذاته تفسيراً لذاته. فما نوع القوى الغيبية التي قد تكون قادرة أن تخلق كوناً؟ من الأهمية بمكان أن نتوخى الحذر من الصورة الساذجة لخالق ينتج كوناً في لحظة من الزمن بوسائل خارقة للطبيعة، مثل ساحر يسحب أرنباً من قبعته. فكما شرحت مطولاً، لا يمكن أن يتكون الخلق من التسبب في الانفجار الكبير فقط. بدلاً من ذلك، إننا نبحث عن فكرة خلق لا زمنية أكثر ذكاءً، التي تنفخ النار في المعادلات، كما قال هاوكينغ، وبذلك تصعد الممكن فقط إلى الوجود فعلاً. فهذه القوة هي ابداعية، بمعنى كونها مسؤولة ـ بطريقة ما ـ عن قوانين الفيزياء التي تتحكم ـ من ضمن أشياء أخرى ـ بكيف يتطور المكان ـ الزمان.

من الطبيعي أن يجادل اللاهوتيون أن القوى المبدعة التي قدمت تفسيراً للكون هي الله. لكن أي نوع من القوى سيكون وجوداً كهذا؟ فإذا كان الله عقلاً أو بصيرة العقل، فبكل بساطة يمكننا أن نصفه كشخص. لكن لا يقبل جميع الملحدين بالحاجة إلى هذا التفسير. فبعضهم يفضل أن يعتبر الله كموجد ذاته، أو كقوة خالقة بدلاً من العقل. ففي حقيقة الأمر قد تكون العقول والقوى ليست القوى الوحيدة التي تمتلك القدرة الخلاقة الكامنة. لقد جادل الفيلسوف جون ليزلي Leslie أن «المطلب الأخلاقي» قد يقوم بالعمل، وهذه فكرة يرجعها إلى أفلاطون. بكلمات أخرى، الكون موجود لأن من الجيد أن يكون كذلك. يقول ليزلي «الإيمان بالله يصبح اعتقاداً بأن الكون موجود لأنه

ينبغي أن يوجد»(١١). قد تبدو الفكرة غريبة، إذ كيف يستطيع «مطلب أخلاقي» أن يخلق كوناً؟ فعلى الرغم من أننا لا نتحدث عن الخلق ـ بالمعنى السببي ـ الميكانيكي هنا، مثلما نتحدث عندما يبنى بناء منزلاً. بل نتحدث عن «نفخ النار» في المعادلات التي تشفر قوانين الفيزياء فتزيد ما هو ممكن فقط على ما هو فعلي. فأي نوع من الكيانات Entites يستطيع أن «ينفث النار» في هذا المعنى؟ بكل وضوح لا شيء مادي معروف يستطيع ذلك. وإذا كان لابد من إجابة، فينبغي أن يكون شيئاً مجرداً تماماً وغير معروف. ليس هناك تناقض منطقي في عزو قوة خلاقة إلى صفات أخلاقية أو جمالية. وفي الوقت ذاته لا توجد أية ضرورة منطقية للقيام بذلك. يقترح ليزلي أنه قد يكون هناك إحساس بالضرورة لا منطقي أقل: أن الخير قد يكون ـ بطريقة ما ـ مجبراً على خلق كون، لأن من الجيد أن يفعل ذلك.

فإن يكن المرء مستعداً للمضي في فكرة أن الكون لا يوجد دون سبب، وأن من أجل الملائمة نعزو السبب إلى الله (سواء كان في ذهن المرء شخصاً، قوة خلاقة، مطلباً أخلاقياً، أو مفهوماً ما لم يصغ بعد). عندئذ، السؤال الأول الذي يجب الإجابة عليه هو: بأي معنى يمكن القول إن الله مسؤول عن قوانين الفيزياء (وعن سمات جائزة من سمات العالم؟ فلكي يكون لهذا المفهوم معنى، يجب على الله أن ينتقي عالمنا من بين عدة عوالم بديلة. أي لابد من وجود عامل اختيار. ولابد من تجاهل بعض عوالم ممكنة أخرى. لذلك أي نوع من الآلهة سيكون هذا الإله؟ إنه سيكون إلهاً عقلانياً. إذ ليس هناك معنى في التضرع إلى إله غير عقلاني. وينبغي أن يكون كلي القدرة. وإذا لم يكن كلي القدرة، فإن قدرته ستكون محدودة بشكل ما. لكن ما الذي يحد من هذه القدرة؟ ينبغي أن نريد معرفة كيف نشأ هذا القصور في القدرة، وما الذي قرر شكل القيود. بدقة أكثر ماذا كانت ماهية الله، وما الذي لم يكن مسموحاً له أن يفعله. (لاحظ أن حتى إلهاً كلي القدرة أمر خاضع لقيود المنطق. فالله لم يستطيع أن يجعل المربع دائرة على سبيل المثال). فعن طريق محاكمة مماثلة، يجب أن يكون الله كاملاً، لأن ما القدرة التي تنتج أية نواقص؟ وينبغي أيضاً أن يكون كلي المعرفة، أي سيحتاج لأن يكون عارفاً لجميع البدائل الممكنة بشكل منطقي، أي أنه سيكون في موقع يقوم باختيار عقلاني.

الأفضل من بينِ عوالم ممكنة

طور ليبنتز الجدال الوارد سابقاً بشكل مفصل في محاولة لإثبات أن إلهاً كهذا موجود، بناء على أساس منطقية الكون. لقد استنتج من هذا الجدال الكوسمولوجي أن وجوداً عقلانياً، كلي القدرة، كاملاً، كلي المعرفة كان ينبغي ـ وبشكل حتمي ـ أن يختار الأفضل من بين عوالم ممكنة. والسبب في ذلك هو إذا اختار إله كامل عن معرفة عالماً أقل من كامل، فإن اختياره سيكون لا عقلانياً. وسنطالب بتفسير لهذا الخيار الغريب، لكن أي تفسير ممكن قد يكون هناك؟

إن فكرة أن كوننا هو الأفضل من بين عوالم ممكنة لم تزكي نفسها لدى أناس كثيرين. فقد هاجم فولتير ليبينتز (المتنكر في شخصية الدكتور بانغلوس Pangloss) هجوماً عنيفاً على هذه الفكرة «أه، دكتور بانغلوس! إذا كان هذا هو الأفضل من بين كل العوالم الممكنة، فماذا ستكون عليه العوالم الأخرى؟». فهذا الاعتراض يركز ـ عادة ـ على مشكلة الشر. نستطيع أن نتخيل عالماً لا وجود للألم والمعاناة فيه. أفلن يكون ذلك عالماً أفضل؟

فإذا ما تركنا القضايا الأخلاقية جانباً، ما يزال هناك معنى فيزيائي في عالمنا هو الأفضل من بين عوالم ممكنة. فالمرء يصدم بالغنى الهائل والتعقيد الموجودين في العالم الفيزيائي. فأحياناً يبدو وكأن الطبيعة «خارجة عن مسارها» كي تنتج كوناً مثمراً وممتعاً. لقد حاول فريمن دايسون Dyson أن يلتقط هذه الخاصية في مبدأ: التنوع الأقصى: قوانين الطبيعة والشروط البدئية وكأنما كي تجعل الكون ممتعاً قدر الإمكان. فهنا تترجم كلمة «الأفضل» «بالأغنى»، بمعنى أكبر تنوع وتعقيد في الأنظمة الفيزيائية. واللعبة لجعل هذا دقيقاً رياضياً، بطريقة ما.

تقدم الفيزيائيان الرياضيان لي سمولين Smolin، وجوليان باربور، باقتراح تخيلي

لكيفية انجاز ذلك. الافتراض أن هناك مبدأ أساسياً في الطبيعة يجعل الكون متنوعاً إلى الدرجة القصوى. فهذا يعني أن الأشياء قد رتبت نفسها بحيث تولد أقصى تنوع، بمعنى من المعاني كي يتم تحديدها بدقة. واقترح ليبنتز أن العالم يظهر أن التنوع الأقصى خاضع إلى الدرجة القصوى من الاستقرار. فعلى الرغم من أن هذا يبدو معبراً، إلا أنه لا يضيف الكثير ما لم يكن بالإمكان إعطاؤه معنى رياضياً واضحاً.

لقد أقلع كل من سمولين وباربور في بحثهما في هذا الموضوع، مع أنهما فعلا ذلك بطريقة متواضعة. إنهما يعرفان «التنوع» كما هو في أبسط نظام يمكن تصوره: مجموعة نقاط متصلة بشبكة خطوط مثل مصور طريق الطيران الجوي. ويسمي الرياضيون هذا شكلاً Graph. وليس على النقاط والخطوط أن تشابه موضوعات حقيقية في مكان حقيقي،إنها فقط تمثل نوعاً من الترابطية الداخلية المجردة التي بالإمكان دراستها كما هي على حقيقتها. بوضوح، سيكون هناك أشكال بسيطة، وأخرى معقدة. وذلك يتوقف على الطريقة التي يتم فيها إدخال الخطوط المترابطة. من الممكن أن نجد أشكالاً هي ـ بمعنى محدد تماماً ـ الأكثر تنوعاً في ترتيب ما عندما ينظر إليها من جميع المواقع المختلفة أي (النقاط). فاللعبة لربط هذا كله بالعالم الواقعي. فأين هي تلك النقاط والخطوط؟ فالاقتراح هو إنها نوع من تمثيل مجرد لذرات في فراغ ثلاثي الأبعاد، وأن مفاهيم مثل المسافة بين الذرات قد تظهر طبيعياً من علاقات الشكل. فعند هذه المرحلة تبقى الفكرة أولية تماماً، لكنها تبين نوع الأشياء التي يستطيع المنظرون القيام بها لتوسيع آفاقهم في مسعاهم لتناول طبيعة القوانين الفيزيائية.

بالإمكان تخيل أشكال أخرى تنشر التفاؤل، طرق مختلفة قد تكون عوالمنا فيها هي الأفضل من بين عوالم ممكنة. لقد ذكرت ـ سابقاً ـ أن قوانين الفيزياء هي مثل شيفرة كونية «رسالة» مدفونة بطريقة غامضة في بيانات ملاحظاتنا. لقد افترض جون بارو أن القوانين الخاصة بكوننا قد تمثل نوعاً من شيفرة هي الأفضل. فمعظم ما يعرفه العلماء عن الشيفرات ـ الآن ـ ونقل المعلومات، ينبع من عمل رائد قام به كلود شانون Shannon وقت الحرب، وكتابه عن نظرية المعلومات أصبح كتاباً كلاسيكياً. فإحدى المشكلات التي عالجها شانون كانت التأثير على رسالة قناة تواصل مشوشة. إننا نعلم عن كيفية حدوث التشويش على خط هاتفي، وبالتالي يجعل المكالمة صعبة، لأن التشويش يقلل من درجة المعلومات. لكن باستطاعتك أن تلتف على المشكلة عن طريق تشفير الرسالة

بتردد مناسب. فهذا هو المبدأ الكامن وراء نظم المكالمات البعيدة. لكن بارو يوسع الفكرة لتشمل قوانين الطبيعة. ففي نهاية المطاف، العلم هو حوار مع الطبيعة. وأثناء قيامنا بالتجارب، فإننا ـ بمعنى ما ـ نستجوب الطبيعة. فالمعلومات التي نحصل عليها لا تكون في حالتها الأولى، بل مشوشة. وجميع أنواع التشويش هو ما يسمى بالخطأ التجريبي الناجم عن عوامل عديدة. لكن كما أكدت، إن معلومات الطبيعة ليست في سياق واضح، بل مشفرة. فاقتراح بارو هو أن «هذه الشيفرة الكونية» قد تكون مبنية بشكل خاص من أجل نقل معلومات أفضل، في تناغم مع نظرية شانون: «كي ندرك هذا الوعد بأمانة إرسالٍ عالٍ بشكل اعتباطي، يجب أن تكون الرسالة مشفرة بطريقة خاصة... بطريقة رمزية غريبة، فالطبيعة تبدو أنها «كامنة» في واحد من تلك الأشكال المناسبة للغاية»(١٢). وهذا قد يفسر نجاحنا الكبير في فك شيفرة الرسالة والكشف عن القوانين المسيطرة.

نوع آخر من التفاؤل المرتبط بالشكل الرياضي لقوانين الطبيعة يتعلق ببساطتها التي يستشهد بها في أغلب الأحيان. لقد أوجز آينشتاين الأمر عندما كتب قائلاً «حتى الآن، تسوغ خبرتنا لنا الاعتقاد أن الطبيعة إنجاز لأبسط الأفكار الرياضية الممكن تصورها»(١٣). وهذا أمر محير بكل تأكيد. «إنه أحجية أن يوصف العالم من خلال الرياضيات» كما يقول بارو «لكن عن طريق الرياضيات البسيطة، من نوع أن بضعة سنوات من دراسة نشطة تنتج الآن معرفة، فهذا سر ضمن أحجية»(١٤). فهل نعيش نحن في الأفضل من بين جميع العوالم الممكنة، أي أن فيه الوصف الرياضي الأكثر بساطة؟ وفي مطلع هذا الفصل فقد قدمت الأسباب التي تجعلني لا أعتقد ذلك. فماذا عن العالم الممكن الأكثر بساطة الذي يسمح بوجود تعقيد بيولوجي؟ لكن هذا على الأقل افتراض مفتوح على البحث العلمي. نستطيع أن نكتب معادلات الفيزياء، ومن ثم نحاول معها قليلاً لنرى ما الفرق الذي تحدثه. بهذه الطريقة يستطيع المنظرون أن يشيدوا أكواناً اصطناعية نموذجية لكي يختبروا ـ رياضياً ـ إذا ما كانت تستطيع أن تقدم الحياة. لقد بذلت جهود كبيرة في دراسة هذه المسألة. لقد استنتج معظم الباحثين شكل القوانين الفيزيائية، وأن ـ في بعض الحالات ـ التغيرات الأصغر في القوانين تكون كافية لتحطيم فرص نشوء الحياة، على الأقل في الشكل الذي نعرفه. يندرج هذا الموضوع تحت مسمى مبدأ الأنتروبي، لأنه يربط وجودنا كمراقبين لكون بقوانين وشروط الكون. وسأعود إلى هذا الموضوع في الفصل الثامن.

إن المطالبة بأن تسمح القوانين بوجود عضويات واعية قد تكون نزعة شوفينية جداً. فهناك أشكال عديدة تكون فيها القوانين خاضعة، مثل امتلاك جميع أنواع الخواص الرياضية التي قد لا نكون عارفين لها. ما تزال هناك أجزاء غامضة عديدة بالإمكان دفعها إلى الحد الأقصى أو الحد الأدنى عن طريق هذه القوانين الخاصة. إننا فقط لا نعلم.

الجمال كدليل إلى الحقيقة

حتى الآن، تناولت الرياضيات، لكن ربما تميز القوانين نفسها بطريقة أكثر دقة، مثل قيمتها الجمالية. إذ يعتقد العلماء ـ وعلى نطاق واسع ـ أن الجمال دليل موثوق للوصول إلى الحقيقة، وقد تم إحراز تطورات كثيرة في الفيزياء النظرية على أيدي واضعي النظريات، لأنها تطالب بأناقة رياضية لنظرية جيدة. فحيث تكون الاختبارات المخبرية صعبة في بعض الأحيان، نجد أن هذه المبادئ الجمالية تعد أكثر أهمية حتى من التجربة. فماذا عسى المنظّر أن يفعل إذا لم تتفق التجربة مع النظرية. فعند مناقشة اختبار تجريبي للنظرية النسبية العامة، قال آينشتاين: ماذا عساه أن يفعل إذا لم تتفق التجربة مع النظرية، إنه لم يكن منزعجاً بذلك الافتراض وأجاب قائلاً «ذلك يزيد الطين بلة، بالنسبة للتجربة». بوديراك Dirac الفيزيائي النظري الذي قاده تصميمه الجمالي لأن يضع معادلة للإلكترون أكثر أناقة من حيث الرياضيات، هذه المعادلة التي أدت بعد ذلك إلى التنبؤ الناجح بوجود المادة المضادة، قد عكس هذه المشاعر عندما قال «إنه لأكثر أهمية أن يكون لدى المرء جمالاً في معادلاته من أن يجدها مناسبة للتجربة».

فالأناقة الرياضية ليست مفهوماً يسهل نقله إلى من لا يعرفون الرياضيات، لكنها تلقى الاستحسان لدى العلماء المحترفين. إنها ذاتية إلى درجة عالية، شأنها في ذلك شأن جميع أحكام القيمة الجمالية. إذ لم يخترع أحد بعد «مقياساً للجمال» يستطيع أن يقيس به قيمة الأشياء جمالياً دون الرجوع إلى المبادئ الإنسانية. هل نستطيع فعلاً أن نقول إن أشكالاً رياضية محددة هي جوهرياً أكثر جمالاً من أشياء أخرى؟ ربما لا نستطيع ذلك. ومن الغريب جداً أن الجمال دليل جيد في العلم. فلماذا ينبغي أن تبدو قوانين الكون جميلة إلى البشر؟ دون شك، هناك كل أنواع العوامل النفسية والبيولوجية التي تعمل على تأطير انطباعاتنا لما هو جميل. فالشكل الأنثوي جذاب للرجال، وليس في هذا ما

يفاجئنا. والخطوط المتناسقة لتماثيل جميلة عديدة، ولوحات، وأبنية معمارية تحمل - دون شك - معاني جنسية. فقد تفرض بنية وعمل الدماغ أيضاً ما هو مسر للعين أو الأذن، وتعكس الموسيقى إيقاعات دماغية بطريقة ما. ففي كلتا الحالتين شيء غريب. فإذا كان الجمال مبرمجاً تماماً بيولوجياً، منتقى من أجل قيمة البقاء وحدها، فإن من المفاجئ أكثر أن نراه يظهر ثانية في العالم الخفي للفيزياء الأساسية التي لا علاقة مباشرة لها بالبيولوجيا. ومن ناحية ثانية، إذا كان الجمال أكثر من بيولوجيا تؤثر فيه، وإذا كان تقديرنا الجمالي ينبع من احتكاك مع شيء أكثر قوة وانتشاراً، فبكل تأكيد له أهمية ريئسية إن تبدو القوانين الأساسية في الكون تعكس هذا «الشيء ما».

في الفصل السادس، ناقشت كم من عالم مرموق عبر عن إحساسه بأن إلهامه قد أتى من احتكاك ما عقلي بالعلم الأفلاطوني للأشكال الجمالية والرياضية. روجر بينروس على وجه الخصوص يصرح في اعتقاده بأن العقل الإبداعي «مخترقاً» إلى داخل العالم الأفلاطوني كي يلمح أشكالاً رياضية جميلة. فعلاً أنه يستشهد بالجمال كمبدأ موجه في معظم عمله الرياضي. وقد يبدو هذا مفاجئاً للقراء الذين صورة الرياضيات لديهم أنها لا شخصية، باردة، وجافة، ومنهج متماسك. لكن كما يقول بينروس «النقاش المتماسك هو - عادة - الخطوة الأخيرة! فقبل ذلك، على المرء أن يقوم بتخمينات كثيرة، وبالنسبة لهذه القناعات الجمالية لها أهمية هائلة»(١٥).

هل الله ضروري؟

الإنسان له عينان

واحدة فقط ترى ما يتحرك في الزمن الهارب

والأخرى

ترى ما هو أبدي وإلهي.

كتاب أنجيلوس سيليسيوس

Angelus Silesius

لكي نمضي من السؤال ما إذا كنا نعيش في عالم هو الأفضل من بين عوالم ممكنة، وبأي معنى، علينا أن نواجه مشكلة أكثر عمقاً. فلنطرحها بكل بساطة: فإذا كان الكون لديه فعلاً تفسير، ولا يستطيع أن يفسر نفسه، إذن يتوجب تفسيره بشيء ما خارج ذاته، أي الله مثلاً. لكن ـ بعد ذلك ـ ما الذي يفسر لنا الله؟ هذا الممتد عبر العصور «أحجية من خلق الله» هي في حالة تهدد بإيقاعنا في انتكاسة لا نهاية لها. والمخرج الوحيد، كما يبدو ـ هو أن نفترض أن الله يستطيع ـ بطريقة ما ـ «أن يفسر نفسه» أي أن نقول إن الله هو وجود ضروري بالمعنى التقني للكلمة الذي شرحته في بداية هذا الفصل. بدقة أكثر، إذا كان الله ليقدم السبب الكافي من أجل الكون، إذن يستتبع عن ذلك أنه هو ذاته يجب أن يكون وجوداً ضرورياً، لأن إذا كان الله جائزاً، فإن سلسلة التفسير ستكون لا نهائية، وأننا نريد أن نعرف ما هي العوامل التي كانت خلف الله التي كان وجوده والطبيعة يعتمدان عليها. لكن هل باستطاعتنا أن نكون معنى من فكرة وجود ضروري، وجود يحتوي داخل ذاته كلياً السبب لوجوده الخاص به؟ لقد جادل فلاسفة كثيرون أن الفكرة غير متماسكة أو أنها لا معنى لها. إن الكائنات البشرية غير قادرة أن

تفهم طبيعة وجود كهذا. لكن ذلك بحد ذاته لا يعني أن مفهوم وجود ضروري هو متناقض ذاتياً.

من أجل التوصل إلى الإمساك بمفهوم وجود ضروري، يستطيع المرء أن يبدأ بالسؤال عما إذا كان هناك أي شيء هو القضية بالضرورة. تأمل القضية التالية: «هناك على الأقل اقتراح واحد صحيح». سم هذه القضية أ. فهل أ بالضرورة صحيحة؟ افترض أنني مقتنع أن أ خاطئة. سم هذه القضية بـ: «أ خاطئة». لكن إذا كانت أ خاطئة، وكذلك هي ب، لأن ب هي قضية، وإذا أ خاطئة فليس هناك قضية صحيحة. لذلك أ يجب أن تكون صحيحة. لذلك منطقياً من المحال عدم وجود قضايا صحيحة.

فإذا كانت هناك قضايا ضرورية موجودة، إذن فكرة وجود ضروري ليست سخيفة. إن مفهوم الله التقليدي في اللاهوت المسيحي قد طوره إلى حد كبير القديس توما الإكويني في القرن الثالث عشر: هو وجود لا يعتريه التغير، كامل، لا يتحول، أزلي، وضروري، والكون يعتمد عليه كلياً في وجوده، وبالمقابل غير متأثر أبداً بوجود الكون. على الرغم من أن مطالب العقلانية تبدو أنها تلزمنا باتجاه صورة كهذه لله على أنه التفسير النهائي للعالم، إلا أن هناك صعوبة جدية حول ربط هذا الله بعالم متغير جائز، على وجه الخصوص كون فيه كائنات تمتلك حرية الإرادة. فقد عبر الفيلسوف الملحد أ.ج إير Ayer عن ذلك: من قضايا ضرورية فقط تنتج قضايا ضرورية.

فهل التناقض المدمر ثاوٍ في قلب اللاهوت الغربي منذ أفلاطون؟ فبالنسبة لأفلاطون كان مفهوم «العقلاني» ذاته مرتبطاً بوجود عالم مجرد خالد، غير متغير، أشكال Forms كاملة، مثلت له الوجود الحقيقي الوحيد. ويتموضع في هذا العالم غير المتحول الموضوع المطلق للمعرفة: أي الخير. بالمقابل العالم المدرك مباشرة للأشياء المادية هو في حالة فيض دائم. والعلاقة بين عالم الأشكال الأبدي وعالم المادة المتغير هي إذن علاقة إشكالية بعمق. فكما شرحت في الفصل الأول، اقترح أفلاطون وجود الإله الصانع للكون المادي المتموضع داخل الزمن، والذي يشكل المادة بأفضل صورة يستطيعها باستخدام الأشكال Forms كمخطط. لكن هذه المحاولة الساذجة للتوفيق بين ما هو غير كامل،تخدم فقط لتؤشر إلى مدى خطورة المفارقة المفهومية التي تنسف جميع تفسيرات ما هو جائز.

ينبغي أن نفهم أن هذه المفارقة هي أكثر من مجرد نقاش لاهوتي فني، إنها نتيجة حتمية لطرائق عقلية محددة في التفسير. لقد سعى ديكارت وأتباعه كي يجذروا تجربتنا في العالم على أساس اليقين العقلي. فإن نلتزم بذلك التراث، فإننا في بحثنا عن المعرفة الأكثر أمناً سوف نتوصل حتماً إلى مفاهيم لا زمنية مثل الرياضيات والمنطق، لكن الحقيقة الواقعية Real-truth ـ بالتعريف ـ لا يمكن أن تتغير مع الزمن. وتبني هذا العالم المجرد مؤكد، لأن عناصره مشدودة إلى بعضها بعضاً بيقينية الضرورة المنطقية. فمع أن عالم التجارب الذي تسعى إلى تفسيره هو معتمد على الزمن وظروف شرطية.

إن التوتر الذي يولده هذا التنافر يتفشى في العلم مثلما يتفشى في الدين بكل تأكيد. إننا نراه في التشوش الذي لا ينتهي الذي يحيط بمحاولات مصالحة قوانين الفيزياء الخالدة مع وجود «سهم الزمن» في الكون. نستطيع أن نراه في مناظرات حامية حول كيف نسوي التطور البيولوجي المتقدم مع تحول لا اتجاه له. ونراه في صدام المخطط الذي يرافق العمل الحديث على أنظمة تنتظم، والتلقي المعادي الذي يدل على أهواء ثقافية عميقة الجذور.

المساهمة الفريدة لهذا التوتر في الفكر المسيحي هو معتقد الخلق من عدم، الذي قدمته في الفصل الثاني. فهنا نجد محاولة شجاعة للخروج من المفارقة من خلال اقتراح وجود ضروري أزلي يجلب إلى الوجود (ليس داخل الزمن) كوناً مادياً عن طريق قدرة إلهية كفعل اختيار حر. فبإعلان أن الخلق شيء آخر غير الخالق، شيء لم يكن على الله أن يخلقه، لكنه اختار أن يفعل ذلك، فقد قدَّم المسيحيون تفنيدات خطة بديلة ذات فيض إلهي، الكون الفيزيائي يصدر مباشرة عن ذات الله، وبذلك فهو مطبوع بخصائصه الضرورية. فالعنصر المهم الذي تم إدخاله هنا هو المشيئة الإلهية. فبالتعريف، الإرادة الحرة تستدعي ما هو جائز، لأننا نقول أن خياراً ما خيار حر، فقط إذا كان ممكناً أن يكون غير ذلك. بالتالي، إذا كان لدى الله حرية الاختيار بين عوالم ممكنة بديلة، فإن ما هو جائز للعالم الواقعي قد تم شرحه. مع ذلك، فقد تم الحفاظ على الحاجة إلى قابلية الفهم من خلال عزو طبيعة عقلانية إلى الله، وبالتالي تمت صيانة الخيار العقلاني.

هذا يبدو انه تقدم حقيقي. إنه يبدو وكأن الخلق من عدم يحسم المفارقة كيف أن بالإمكان تفسير عالم متغير جائز من خلال وجود ضروري لا زمني. فعلى الرغم من

اهتمام أجيال من الفلاسفة واللاهوتيين بتطوير هذه الفكرة في مخطط متماسك، إلا أن عوائق رئيسية ما تزال قائمة. فالعائق الرئيسي هو أن نفهم لماذا اختار الله هذا العالم بعينه بدلاً من عالم آخر. فعندما تختار الكائنات البشرية بحرية فإن اختيارها سيكون مشوباً بطبيعتها. ولذلك ماذا يمكن القول عن طبيعة الله؟ من المفترض أنها محددة بضرورته. إننا لا نريد أن نتذرع بإمكانية ربما أنه كانت هناك أنماط عديدة من الآلهة، لأننا لما كنا نكتسب شيئاً من التوسل إلى الله في المقام الأول. ولكن قد تركنا مع مشكلة تفسير لماذا ذلك الله وجود بدلاً من أن يوجد إله آخر. إن فكرة استحضار الله كلها كوجود ضروري هي لضمان أنه فريد: ما كان بالإمكان أن تكون طبيعته غير ذلك. لكن إذا كانت طبيعة الله ثابتة من خلال ضرورته، فهل بوسعه أن يختار كوناً مختلفاً. فإذا لم يكن اختياره عقلانياً على الإطلاق، بل نزواتياً، أي المعادل الإيماني لرمي قطعة نقدية. فإن الوجود في تلك الحالة سيكون اعتباطياً، وقد نكون راضين بكون اعتباطي، ونتركه عند ذلك.

لقد أعد الفيلسوف كيث ورد ward دراسة تفصيلية عن الصدام بين ضرورة الله وجوازه للعالم. ويلخص اللغز الأساسي كما يلي:

إذا كان الله مكتفياً بذاته، فإن بديهية المفهومية ستطلب منه أن يكون، فكيف حدث أنه خالق عالماً؟ يبدو أن ذلك ممارسة اعتباطية لا هدف منها. وإذا كان الله وجود ضروري فعلاً، ولا يتحول فكيف أن يكون له اختيار حر؟ فكل ما يفعله، سيكون له لابد من أن يفعله بدافع الضرورة ودون أية إمكانية لتغيير ما؟ أما فيما يتعلق باللغز القديم: إما أن تكون أفعال الله أفعالاً ضرورية، وبالتالي ليس حراً (لا يمكن أن تكون غير ذلك)، أو أن أفعاله نابعة عن حرية وبالتالي اعتباطية (لا شيء يقرر ماذا ستكون عليه)، وهذا كافٍ كي يعاقب الأغلبية الكاسحة من الفلاسفة المسيحيين على مر العصور(١٦).

المشكلة هي بأية طريقة تقطع فيها قالب الكاتو، فذلك يرجعك إلى الصعوبة الأساسية ذاتها بأن ما هو جائز حقاً ينبع من ما هو ضروري كلياً: فإن يكن الله هو الخالق أو سبب وجود العالم جائزاً، فإنه ينبغي أن يكون جائزاً. لكن إذا كان الله وجوداً ضرورياً، فكل شيء يسببه يجب أن يكون قد تسبب بداعي الضرورة، وبطريقة غير قابلة للتغيير. فعلى هذه الأرضية تستند تفسيرات مؤسس الإلحاد. فمطالب إمكانية

الفهم تتطلب وجود كائن خالد غير متحول وضروري. ويبدوا أن عملية الخلق تتطلب إلهاً مؤقتاً وجائزاً يتفاعل مع خلقه، وبذلك أنه غير مكتف بذاته، لكن كيف بالإمكان امتلاك كليهما؟(١٧)

كيف يستطيع وجود ضروري ولا يتغير أن يملك المقدرة لأن يفعل كل شيء؟ فكونه ضروري، فإنه لا يستطيع أن يفعل أي شيء سوى أن يفعل. وكونه غير متحول، فإنه لا يستطيع أن يفعل أي شيء جديد أو أصيل... حتى إذا ما كان بالإمكان أن يعتبر الخلق عملاً إلهياً لا زمني. فالصعوبة الفعلية تبقى: طالما أن وجود الله ضروري كلياً، سيكون فعل ضروري لم يكن ممكناً أن يكون غير ذلك من أي منظور. فهذه. النظرة ما تزال في حالة توتر مع المسار الرئيسي للتراث المسيحي: خاصة، أن الله لم يكن به حاجة لأن يخلق أي كون، وأنه لم يكن بحاجة لأن يخلق هذا الكون بالتحديد. كيف يستطيع وجود ضروري أن يكون حراً بأي شكل من الأشكال؟(١٨) ولقد أورد شوبرت أوغدن Ogden الفكرة ذاتها أن اللاهوتيون يخبروننا عادة أن الله خلق العالم بكل حرية، كعالم جائز أو غير ضروري، عالم من خبرتنا كشفه ليكون في الوقت ذاته. فبسبب التزامهم الثابت بافتراضات الميتافيزيقا الكلاسيكية، فإن اللاهوتيين يخبروننا أن فعل الخلق الذي قام به الله هو واحد مع جوهره الأزلي، الذي هو ضروري في كل جانب، واستثنائي من كل ما هو جائز. فإذا ما أخذنا اللاهوتيين من كلامهم، وأعطينا وزناً تاماً لكل تأكيداتهم، فإننا نجد أنفسنا ـ وعلى الفور ـ في تناقض لا أمل منه لخلق ضروري كلياً لعالم جائز كلياً(١٩).

لقد ألف اللاهوتيون والفلاسفة مجلدات من أجل الخروج من هذا التناقض المستمر والمستعر. وسأقتصر على مناقشة مخرج واضح بالأحرى بسبب ضيق المجال في هذا الكتاب.

إله ثنائي القطب وغيمة ويلر wheeler

كما رأينا سابقاً، تصدى أفلاطون إلى مفارقة الضرورة مقابل الجواز من خلال اقتراح إلهين: إله ضروري وإله جائز: الخير والإله الخالق للمادة Demiurge. ربما بالإمكان تلبية مطالب الوحدانية بالقول أن بالإمكان وصف هذه الحالة من خلال أسلوب مشروعها كجانبين تكامليين لإله واحد ثنائي القطبين. وهذا هو الموقف الذي تبناه أنصار ما يعرف «بلاهوت السيرورة». إن فكرة السيرورة هي محاولة لاعتبار العالم ليس كمجموعة أشياء، أو مجموعة من الأحداث، بل كسيرورة ذات وجهة محددة. وبذلك، يلعب انسياب الزمن دوراً رئيسياً في فلسفة السيرورة التي تؤكد على أولوية الصيرورة على الوجود.

مقابل هذه النظرة الميكانيكية النزعة والقاسية للكون الذي نشأ من عمل نيوتن وأتباعه، تشدد فلسفة السيرورة على الانفتاح وعدم الحتمية في الطبيعة. فالمستقبل ليس متضمنا في الحاضر: هناك خيارات وبدائل. وبذلك تعطى الطبيعة نوعاً من الحرية التي كانت غائبة في الكون الساعة Clokwork الذي قال به لابلاس. وهذه الحرية تنتج من التخلي عن نزعة تخفيضية reductionism: العالم هو أكثر من مجموع أجزائه. ينبغي أن نرفض فكرة أن نظاماً فيزيائياً كصخرة أو سحابة أو شخص، هو لا شيء سوى مجموعة ذرات، وأن نأخذ باعتبارنا ـ بدلاً من ذلك ـ وجود مستويات مختلفة كثيرة من البنية. فالكائن البشري ـ على سبيل المثال ـ هو مجموعة من الذرات بكل تأكيد، لكن هناك مستويات أعلى كثيرة من التنظيم التي هي مفقودة بهذا الوصف الهزيل، وهي أساسية من أجل تحديد ما الذي نعنيه بكلمة «شخص». فعن طريق النظر إلى النظم المعقدة كتراتبية مستويات تنظيمية أدنى ـ وفوق ـ ونظرة السببية من خلال جزيئات أولية تتفاعل مع جزيئات أخرى، يجب أن تستبدل بصياغة أكثر براعة فيها مستويات أعلى

تستطيع أن تفعل باتجاه الأسفل على المستويات الأدنى أيضاً. يقود فكر السيرورة بشكل طبيعي إلى نظرة عضوية أو إيكولوجية للكون، بقية من كوسمولوجيا أرسطو. فهذا يمكننا من أن ندخل عناصر Teleology أو السلوك الغائي في شؤون العالم. يصف إيان باربور نظرة السيرورة إلى الواقع على أنها ترى أن العالم هو جماعة من الكائنات مستقلة بدلاً من مجموعة مسننات في آلة.

على الرغم من أن قوى فكر السيرورة لها مكانة راسخة في تاريخ الفلسفة، إلا أنه في السنوات الأخيرة، قد أصبح فكر السيرورة أسلوباً متعارفاً عليه في العلم. فظهور فيزياء الكوانتم في ثلاثينات القرن العشرين قد وضع حداً لفكرة الكون كآلة جبرية، لكن العمل الأكثر حداثة على نظرية الفوضى، وتنظيم ذاتي، وأنظمة لا خطيةNonlinear كانت هي الأكثر تأثيراً. لقد أجبرت هذه الموضوعات العلماء أن يفكروا أكثر بأنظمة مفتوحة، ليست محكومة بقوة من قبل أجزائها المكونة، لأنها قد تكون متأثرة ببيئتها. إن أنظمة مفتوحة، معقدة ونموذجية تستطيع أن تمتلك حساسية لا تصدق للمؤثرات الخارجية، وهذا يجعل سلوكها لا يمكن التنبؤ به، وتعطيها نوعاً من الحرية. فما كان مفاجأة هو أن الأنظمة المفتوحة تستطيع أيضاً أن تظهر سلوكاً مشابهاً للقانونLaw like، ومنظماً بالرغم من كونها غير جبرية، وتحت رحمة اضطرابات تبدو عشوائية خارجية. فكما يبدو، هناك مبادئ منظمة عامة تشرف على سلوك أنظمة معقدة عند مستويات تنظيمية أعلى. مبادئ توجد إلى جانب قوانين الفيزياء (التي تعمل عند المستوى الأدنى لذرات فردية). فالمبادئ المنظمة منسجمة مع قوانين الفيزياء، ولا يمكن تخفيضها إلى أو أن تستمد من قوانين الفيزياء. وهكذا فقد اكتشف العلماء النوعية الحاسمة لاستقرار جائز. ففي كتابي تجد مناقشة تفصيلية أكثر لهذا الموضوعات/ المخطط الكوني/ و/أسطوة المادة/.

الفيلسوف ألفريد نورث وايتهيد هو الذي أدخل فكرة السيرورة في اللاهوت، عالم الرياضيات هذا كان مشاركاً في التأليف مع برتراند راسل في مؤلف/مبادئ الرياضيات/ اقترح وايتهد أن الواقع الفيزيائي هو شبكة تربط ما أسماه Actual occasions مناسبات حقيقية، فهذه أكثر من مجرد أحداث، لأنها تستثمر بحرية، وتجربة داخلية تفتقر إليها النظرة الميكانيكية للعالم. الأمر المركزي في فلسفة وايتهيد هو أن الله مسؤول عن استقرار العالم، لا بعمل مباشر، بل من خلال

تقديمه للقدرات المتنوعة التي يغدو الكون الفيزيائي بعد ذلك حراً في تفعيلها. وبهذه الطريقة، لا يساوم الله على الانفتاح الأساسي، ولا حتمية الكون، ويبقى في موقع يشجع تياراً نحو الخير. هذا التأثير الغامض غير المباشر بالإمكان العثور عليه في طبيعة التطور البيولوجي المتقدمة، وحيل الكون لأن ينظم ذاته في تنوع أكثر غنى وفي أشكال أكثر تعقيداً. وبذلك يستبدل وايتهيد صورة الله الملوكية الخالقة للكون، كخالق كلي القدرة، وحالم بصورة مشارك في السيرورة الإبداعية. إنه لم يعد مكتفياً بذاته، وغير متغير، بل يؤثر ويتأثر بواقع الكون الفيزيائي. ومن ناحية ثانية الله ليس مرتكزاً أساسياً في تيار الزمن. فشخصيته الأساسية وأهدافه تبقى أزلية ولا تتغير، وبهذه الطريقة فقد دخلت الأزلية والآنية في كيان واحد.

يقول بعض الناس أن الله «ثنائي القطب»، ويستطيع أيضاً أن يدمج الضرورة والجواز فإنجاز كهذا يعني التخلي عن أي أمل بأن الله قد يكون بسيطاً في كماله الإلهي، كما افترض الإكويني. لقد اقترح كيث ورد Ward نموذجاً معقداً لطبيعة الله، بعض أجزائه قد تكون ضرورية وأخرى جائزة. فمع أن إلهاً كهذا موجود بالضرورة، فهو مع ذلك متغير عن طريق خلقه، وعن طريق عمله الإبداعي الذي يتضمن عامل انفتاح أو حرية.

إنني أعترف أنه كان علي أن أكافح جاهداً لفهم التدقيقات الفلسفية المطلوبة لتسويغ فكرة إله ثنائي القطب. إلا أن المساعدة أتت من مصدر غير متوقع: أتت من فيزياء الكوانتم. فذرة الإلكترون مثلاً لا يمكن أن يكون لها موقع محدد تماماً، وقوة محركة محددة تماماً في الوقت ذاته، إنك تستطيع أن تقوم بقياس موقع وتحصل على قيمة دقيقة، لكن في هذه الحالة تكون قيمة القوة المحركة غير مؤكدة تماماً، والعكس بالعكس. من أجل حالة كوانتم عامة، من المحال القول مسبقاً ما القيمة التي سيتم الحصول عليها عن طريق القياس: بالإمكان تحديد احتمالات فقط. فعندما يقوم المرء بقياس موقع في حالة كهذه، يكون مجال من النتائج متوفراً. ولذلك النظام ليس حتمياً ـ يمكن للمرء أن يختار بحرية من بين مجال الممكنات ـ وتكون النتيجة الفعلية جائزة. من ناحية ثانية يقرر المجرب ما إذا سيكون القياس قياس موقع أم قياس قوة دافعة. لذلك فإن صنفاً من البدائل (أي مجال قيم موضعية، أو مجال قيم قوة دافعة) يتم تحديدها عن

طريق عوامل خارجية. طبيعة البدائل، فيما يتعلق بالإلكترون، محددة بالضرورة، بينما البديل الحقيقي الذي تم تبنيه يكون جائزاً.

لكي أجعل هذا أكثر وضوحاً، دعني أروي حكاية مشهورة تنسب إلى جون ويلر Wheeler. ذات يوم تعرض ويلر إلى لعبة تتألف من عشرين سؤالاً. ففي الشكل التقليدي للعبة يتفق اللاعبون على كلمة، ويحاول اللاعب أن يخمن الكلمة المطلوبة بعد أن يسمح له بطرح عشرين سؤالاً حولها. والإجابة المسموحة على أسئلته هي نعم أو لا. في النسخة المعدلة، بدأ ويلر بالأسئلة المعتادة: هل هو كبير؟ هل هو حي؟ الخ في البداية أتت الإجابات بسرعة، لكن مع استمرار اللعبة أصبحت أكثر بطءاً وتردداً. وفي النهاية أجاب ويلر هل هي سحابة؟ فجاء الجواب نعم. فانفجر كل الحاضرين بالضحك. كشف اللاعبون، أنهم يخدعون ويلر، فإنهم لم يختاروا كلمة مسبقاً. واختاروا أن يجيبوا على أسئلته بشكل اعتباطي، مراعين الانسجام مع الإجابات السابقة. مع ذلك، تم التوصل إلى إجابة. فهذا بكل وضوح هو جواب جائز لم يكن مقرراً سابقاً، لكنه لم يكن عشوائياً. لقد تقررت طبيعته ـ في قسم منها ـ بالإجابات التي اختار ويلر طرحها، وجزئياً من خلال المصادفة الصرفة. وبالطريقة ذاتها يقرر الواقع المكتشف بقياس الكوانتم جزئياً عن طريق الأسئلة التي يطرحها المجرب على الطبيعة (أي ما إذا سأل عن موقع محدد، أو عن قوة دافعة محددة)، وجزئياً عن طريق الحظ (أي الطبيعة غير اليقينية للقوانين المستمدة من أجل هذه الكميات).

دعنا الآن نعد إلى الشبه اللاهوتي. هذا الخليط من الجواز والضرورة مماثل الله الذي يقرر بدافع الضرورة ما هي العوالم البديلة المتوفرة للطبيعة، لكن يترك حرية الطبيعة مفتوحة لأن تختار من بين البدائل. في لاهوت السيرورة، الافتراض المتبنى هو أن البدائل تكون محددة بالضرورة كي تنتج نتيجة نهائية ذات قيمة أي أنها توجه أو تشجع الكون لأن يرتقي باتجاه شيء حسن. فداخل هذا الإطار الموجه يبقى هناك انفتاح. وبذلك يكون العالم ليس محدداً كلياً، ولا عشوائياً بل مثل سحابة ويلر: دمج وثيق للحظ والاختيار.

هل لزاماً على الله أن يوجد؟

حتى الآن ـ في هذا الفصل ـ أتتبع نتائج الجدال الكوسمولوجي على وجود الله، وهذا النقاش لا يحاول أن يقرر أن وجود الله هو ضرورة منطقية. يستطيع المرء ـ بالتأكيد ـ أن يتخيل أن لا الله ولا الكون كانا موجودين، أو أن الكون وجد دون الله. ففي ظاهر الأمر لا يبدو أن هناك تناقض منطقي في أي من الحالتين. لذلك فحتى لو كان بالإمكان جعل حالة لأن يأخذ مفهوم وجود ضروري معنىً، فإن ذلك لا يستتبع أن وجوداً كهذا موجود، وما يزال أقل من أنه كان يجب أن يوجد.

فتاريخ اللاهوت ليس خالياً من محاولات لإثبات أن عدم وجود الله محالاً منطقياً. فالنقاش المعروف باسم «النقاش الأنطولوجي» يرجع إلى القديس أنسليم ويسير على النحو التالي: الله معروف بأنه الشيء الأعظم الممكن تصوره. فشيء موجود فعلياً هو بكل وضوح أعظم من مجرد فكرة ذلك الشيء. (فعلى سبيل المثال، شخصية فابيان Fabian سكوتلانديارد الشهيرة هي أكثر من شخصية خيالية مثل شارلوك هولمز). ولذلك أن إلهاً موجوداً فعلياً هو أكبر من إله خيالي. لكن بما أن الله هو الأعظم مما نتصوره، يستتبع عن ذلك أنه يجب أن يوجد.

حقيقة أن النقاش الأنطولوجي يعج بألاعيب منطقية تقلل من قوته الفلسفية. وقد أخذ العديد من الفلاسفة ـ عبر السنين ـ هذا النقاش بجدية كبيرة، من بينهم الملحد برتراند راسل. فحتى اللاهوتيون لم يكونوا على استعداد للدفاع عن هذا النقاش، عموماً. تكمن المشكلة في تناول «الوجود» وكأنما هو خاصية الأشياء مثل الكتلة أو اللون. وبذلك يجبر النقاش المرء على أن يقارن بين التصورات: آلهة توجد فعلاً، وآلهة لا توجد فعلاً. لكن الوجود ليس نوعاً من الصفات كي يوضع إلى جانب الخواص الفيزيائية العادية. أستطيع أن أتحدث بكل وضوح عن امتلاك خمسة قطع نقدية صغيرة

القيمة وست قطع نقدية ذات قيمة كبيرة في جيبي، لكن ما الذي يعنيه ـ بالنسبه لي ـ أن أقول أن لدي خمس قطع نقدية موجودة، وست قطع نقدية غير موجودة؟

في النقاش الأنطولوجي هناك مشكلة أبعد هي: المطالبة بأن يفسر الله العالم. إذ ليس كافياً أن يوجد وجود ضروري منطقياً، وجود ليس مرتبطاً بالعالم بأي شكل من الأشكال. لكن نجد صعوبة في أن نرى كيف أن وجوداً يوجد في عالم المنطق المحض يستطيع أن يفسر خواص الجائز للعالم. فالنقاش الأنطولوجي يعتمد على ما يسميه الفلاسفة «القضايا التحليلية». فالقضية التحليلية هي القضية التي حقيقتها تستتبع بشكل محض من معاني الكلمات المتضمنة في القضية. فالقول «جميع العازبين رجال» هو قضية تحليلية. أما القضايا التي لا تقع ضمن هذا النوع فتسمى قضايا «تركيبية». لأنها تقيم علاقات بين أشياء غير مترابطة عن طريق التعريف فقط. فالنظريات الفيزيائية تتضمن دائماً قضايا تركيبية، لأنها تصوغ أقوالاً عن حقائق الطبيعة التي بالإمكان اختبارها. ونجاح الرياضيات في وصف الطبيعة ـ خاصة القوانين الكامنة ـ يمكنه أن يعطي الانطباع لا يوجد شيء أكثر للعالم من الرياضيات، التي هي بدورها ليست أكثر من تعريفات وقضايا تحليلية. أعتقد أن هذا المنحى في التفكير قد أسيء فهمه كثيراً. ومهما حاولت جاهداً، لا تستطيع أن تستنبط قضية تركيبية من قضية تحليلية.

كان عمانوئيل كانط من أنصار النقاش الأنطولوجي، وقد تبنى أن إذا كان لابد من وجود قضايا ميتافيزيقية ذات معنى تام، فلابد من وجود قضايا هي صحيحة بالضرورة أكثر مما هي بفضل التعريف فقط. في الفصل الأول بينت أن كانط كان يعتقد أننا نمتلك معرفة قبلية Priori. وبذلك أكد كانط أنه لابد من وجود قضايا قبلية تركيبية من أجل أي عملية فكرية تهتم بعالم موضوعي. هذه القبلية التركيبية عليها أن تكون صحيحة بشكل مستقل عن الملامح الجائزة للعالم، أي يجب أن تكون صحيحة في أي عالم. لكن لسوء الحظ، ينبغي إقناع الفلاسفة بوجود قضايا قبلية تركيبية ضرورية.

فحتى لو لم يكن هناك أية قضايا تركيبية التي هي ضرورة، فقد يكون هناك بعض القضايا التي لا تقبل الاعتراض عليها. يستطيع المرء أن يتخيل مجموعة من أمثال هذه القضايا قد تفسر ملامح العالم الجائز، مثل شكل قوانين الفيزياء. فقد يكون هناك أساس

رياضي لهذا. فالفيزيائي ديفيد دويتش Deutsch يجادل أن «بدلاً من محاولة الحصول على شيء مقابل لا شيء» فهذه قضية تركيبية من قضية تحليلية. ويجب أن ندخل في الفيزياء ـ عند المستوى الأساسي ـ قضايا تركيبية «والتي يجب أن تكون صحتها أمراً مسلماً به، بسبب ماخارج الفيزياء». ويقدم مثالاً: نفترض بشكل مضمر قبلي في البحث عن نظرية فيزيائية أن تكون العملية الفيزيائية لتلك النظرية أن تصبح معروفة ومعبر عنها، وألا تمنع النظرية ذلك. فما من مبدأ فيزيائي نستطيع معرفته، يستطيع بذاته أن يحول دون معرفتنا له. إن كل مبدأ فيزيائي يلبي هذه الخاصية الشديدة التعقيد هو قضية قبلية Priori تركيبية، ليس لأنها صحيحة بالضرورة، بل لأننا لا نستطيع إلا أن نفترض أنها صحيحة في السعي إلى معرفة المبدأ(٢٠).

يقترح جون بارو أيضاً أن هناك حقائق ضرورية محددة حول أي عالم بالإمكان ملاحظته. يورد جون مناقشات مبدأ الأنتروبي المتنوعة التي تهدف إلى إيضاح أن العضويات البيولوجية الواعية تستطيع أن تنشأ فقط في وسط فيه قوانين الفيزياء لها شكل خاص محدد: هذه الشروط الأنتروبية... تشير لنا باتجاه خواص محددة يجب أن يمتلكها الكون أي قبلية، لكنها ليست سخيفة بما يكفي كي تعتبر تركيبية. تبدأ القضية التركيبية بالظهور مثل مطلب أن كل مبدأ فيزيائي ـ قابل لأن يعرف، والذي يشكل جزءاً من «سر الكون، يجب ألا يمنع إمكانية معرفتنا له»(٢١).

يجادل كيث ورد أن باستطاعتنا أن نحدد مفهوماً أوسع للضرورة المنطقية. فعلى سبيل المثال، تأمل القضية التالية: «لا يمكن لشيء أن يكون كله أحمر وأخضر». هل هذا القول صحيح بالضرورة؟ افترض أنني أؤكد أنه خاطئ، بالتالي فتأكيدي ليس متناقضاً ذاتياً. مع ذلك، إنه ما يزال خاطئاً في جميع العوالم الممكنة: إنه ليس مثل القول أنه متناقض ذاتياً منطقياً بمعنى شكلي. الافتراض بأن القول هو صحيح ـ في كلمات دويش ـ «الشيء الذي نصنعه بأي طريقة». إذن ـ ربما ـ إن القول «الله غير موجود» يقع في هذا المجال. فقد لا يناقض القول بديهيات خطة رسمية في منطق المقولات، مع ذلك قد تكون الحالة أن القول خاطئ في جميع العوالم الممكنة.

أخيراً ينبغي أن نشير إلى استخدام فرانك تيبلر Tipler للنقاش الأنطولوجي على الكون ذاته (كمقابل لله). يحاول تيبلر أن يتحايل على الاعتراض بأن «الوجود» ليس

خاصية لشيء ما، عن طريق تعريف الوجود في أسلوب غير مألوف. ففي الفصل الخامس، رأينا كيف يدافع تيبلر عن فكرة أن العالم الذي يحاكيه الحاسوب هي فكرة واقعية في كل جزء منها بالنسبة للكائنات التي تمت محاكاتها، مثل حالة عالمنا بالنسبة لنا. لكنه يستنتج أن برنامج الحاسوب هو في الجوهر ليس إلا مخطط لمجموعة واحدة من الرموز أو الأرقام في مجموعة أخرى. يمكن للمرء أن يعتبر جميع المخططات الممكنة ـ بالتالي جميع برامج الحاسوب الممكنة ـ توجد في معنى أفلاطوني مجرد. فوسط هذه البرامج سيكون هناك العديد منها (ربما أعداداً لا نهائية) التي تمثل أكواناً تمت محاكاتها. أما السؤال فهو: أي واحد من بين أشكال المحاكاة الحاسوبية الممكنة يماثل الكون «الموجود فيزيائياً»؟ لنستخدم كلمات هاوكنينغ من جديد «أي الأكوان فيها نفخت النار؟». يقترح تيبلر أن جميع تلك المحاكاة «المعقدة بما فيه الكفاية، لتحتوي مراقبين، ومفكرين وتشعر بمحاكاة دونية Sub-simulations» هي الأكوان التي توجد فيزيائياً، على الأقل طالما أن الكائنات قد تمت محاكاتها. زد على ذلك، أشكال المحاكاة هذه توجد بالضرورة كنتيجة للمتطلبات المنطقية للعمليات الرياضية المعنية في البرمجة. ولذلك يستنتج تيبلر: إن كوننا (وأكواناً أخرى عديدة) ينبغي أن توجد كنتيجة لضرورة منطقية.

الخيارات

ماذا ينبغي أن نستنتج؟ فإذا كان القارئ يشعر بالإرباك بعد هذه الجولة الفلسفية، فإن تلك هي حالة المؤلف أيضاً. ويبدو لي أن النقاش الأنطولوجي هو محاولة لتعريف الله في الوجود من لا شيء، وبمعنى منطقي دقيق جداً ليس باستطاعة هذا النقاش أن ينجح في ذلك. إنك لا تستطيع أن تستخرج من نقاش استنتاجي محض أكثر مما تضع في بديهيات هذه النقاش. فالنقاش في أفضل صوره يستطيع أن يوضح أنه إذا كان وجود ضروري أمراً ممكناً، فلابد لله أن يوجد. وإذا كان مفهوم وجود ضروري غير متماسك، فمن الممكن أن يفشل الله بأن يوجد. لكن النقاش يخفق في إيضاح الاستحالة الشكلية الدقيقة لعدم وجود الله، ومن ناحية أخرى، إذا كان النقاش الأنطولوجي مندمجاً مع افتراض أو افتراضات إضافية، فقد يكون إذ ذاك نقاشاً ناجحاً. فماذا إذا كانت هذه الافتراضات الاضافية (التي ستكون بالضرورة تركيبية) محدودة بالافتراضات المسبقة الضرورية من أجل وجود فكر عقلاني؟ عندها، يمكننا أن نستنتج أن فاعلية عمل عقلاني ستكون فعلاً قادرة أن ترسخ وجود إله عن طريق العقل وحده. فهذا الاقتراح مجرد تخمين، لكن كيث ورد Ward على استعداد لإبقاء الذهن منفتحاً عليه: «إنه لمن السخف أن نعتقد أن عن طريق تحليل مفاهيم «الكمال»، و «الكينونة» والضرورة والوجود، قد يجد المرء أن إمكانية تطبيقها الهادف على العالم هو موضوع من نوع محدد».

لكن ماذا عن النقاش الكوسمولوجي؟ فإن نقبل جواز العالم، عندئذ، هناك تفسير واحد ممكن هو وجود إله متعالٍ. وعلينا أن نواجه القضايا ما إذا الله ضروري أم جائز. فإذا كان الله جائزاً، فهل نكسب فعلاً أي شيء باستحضاره، لأن وجوده وصفاته ما تزال دون تفسير؟ من الممكن أننا قد كسبنا. من المحتمل أن فرضية الله تقدم وصفاً

تبسيطياً وموحداً للواقع الذي يتحسن بناء على قبول قائمة من القوانين والشروط البدئية. فقد تكون قوانين الفيزياء قادرة أن تأخذنا إلى تلك المسافة فقط، ونستطيع ـ عندئذ ـ أن نسعى إلى مستوى من التفسير أكثر عمقاً. فالفيلسوف ريتشارد سوينبيرن Swinburne قال أن الأبسط أن نفترض وجود عقل لا متناه على أن نقبل وجود جواز هذا الكون كحقيقة صرفة. في هذه الحالة، الاعتقاد بالله يكون مسألة ذوق إلى حد كبير، لكي يتم تقويمه بقيمته التفسيرية بدلاً من إلزام منطقي. فأنا شخصياً أشعر بارتياح أكبر مع مستوى من التفسير أكثر عمقاً من قوانين الفيزياء. وإذا كان استخدام كلمة «الله» لذلك المستوى العميق أمر ملائم، فهذا أمر خاضع للنقاش.

بالمقابل يستطيع المرء أن يتبنى الموقف الإيماني الكلاسيكي، ويجادل بأن الله هو كينونة ضرورية، يخلق كوناً جائزاً كعمل صادر عن إرادته الحرة. ذلك لأن الله لا يمتلك خياراً حيال الكون الذي يخلقه. فكما رأينا، هذا الموقف حافل بمصاعب فلسفية، مع أنه قد يكون بالإمكان العثور على قرار ما. فمعظم القرارات التي حاول الكثيرون التوصل إليها، تقع في ورطة جماليات لغوية فقهية فيما يتعلق بالتعاريف العديدة لمفاهيم «الضرورة»، «الحقيقة» وما شابهها، ويبدو أن الكثيرين يتلاشون مع قبول صريح للسر. لكن مفهوم ثنائية القطب لله، الذي تم التفريق فيه بين طبيعة الله الضروري، وبين أفعاله في العالم الجائز. مع أن فيه شيء من التعقيد، إلا أنه يقترب كثيراً من الإحاطة بهذه المشكلات.

ما يبدو أنه يأتي عبر هذا التحليل عالياً وواضحاً هو عدم الملائمة الأساسية لإله ضروري، لا يتغير، أزلي تماماً مع فكرة القدرة الخلاقة للطبيعة، في كون يستطيع أن يتغير ويتطور ويجلب ما هو جديد حقاً، كون توجد فيه إرادة حرة. إنك لا تستطيع أن تمتلك المسألة من كلا طرفيها. فإما أن الله يحدد كل شيء. من ضمن ذلك سلوكنا الخاص بنا، وفي هذه الحالة تكون الإرادة الحرة مجرد وهم «خطة القضاء والقدر تكون مؤكدة» كما كتب الاكويني، أو أن الأشياء تحدث، ولا يكون لله عليها سيطرة أو أنه بكل طواعية قد تراخت سيطرته.

قبل أن ندرك مشكلة الجواز، يجب أن نقول شيئاً عن ما نسميه نظرية أكوان عديدة. فوفقاً لهذه الفكرة المعروفة في الوقت الراهن في أوساط بعض الفيزيائيين، ليس هناك فقط كون فيزيائي وحيد، بل هناك لا نهائية من الأكوان. فجميع هذه الأكوان

توجد سوياً بطريقة ما في حالة تواز، كل منها يختلف عن الأكوان الأخرى، ربما قليلاً فقط. إننا ندرك أن بالإمكان ترتيب الأشياء بحيث يكون هناك كل نوع من الأكوان في هذه المجموعة اللامتناهية. فإذا أردت كوناً ـ فلنقل ـ له مكعب مقلوب بدلاً من قانون الجاذبية المربع المقلوب، فإنك ستجد هذا الكون في مكان ما. وأغلب هذه الأكوان لن يكون مأهولاً، لأن الشروط الفيزيائية عليه لن تكون ملائمة لتشكل عضويات حية. فالأكوان التي تستطيع الحياة أن تتشكل وتزدهر فيها إلى الدرجة التي تؤدي إلى ظهور أفراد واعين هي التي ستكون تحت الملاحظة. بينما بقية الأكوان تكون خارج إطار الملاحظة. أي أن المراقب سيرى كوناً واحداً فقط، ولن يكون مدركاً مباشرة للأكوان الأخرى. ذلك الكون المحدد سيكون جائزاً بكل قوة. فسؤال «لماذا هذا الكون بالذات؟» لم يعد بذي علاقة، لأن جميع الأكوان الممكنة موجودة. ومجموعة الأكوان إذا ما أخذت سوياً فهي ليست جائزة.

لا يشعر كل امرئ بالسعادة تجاه نظرية الأكوان العديدة. افتراض أكوان غير مرئية، ليس من الممكن رؤيتها هو افتراض لا نهائي، ولتفسير الكون الواحد. فإذا كنا نرى هذا الافتراض مجرد حالة مبالغة دفعت إلى مداها الأقصى، فإن من الأبسط أن نفترض وجود إله واحد غير مرئي. هذه هي النتيجة التي توصل إليها سوينبيرن: «افتراض الله هو افتراض كينونة واحدة بسيطة النوع... افتراض وجود فعلي لعدد لانهائي من العوالم، بينما مسألة سوف تستنفذ كل الممكنات المنطقية هو أن نفترض التعقيد والتزامن غير المعّد مسبقاً لأبعاد لا نهائية خارج المعتقد المنطقي»(٢٣).

نظرية تعدد الأكوان غير مقنعة لأنها لا يمكن البرهنة على صحتها أبداً: فالإكتشافات التي ستقود من يؤمن بتعدد العوالم إلى أن يغير رأيه. فماذا بوسعك أن تقول كي تقنع شخصاً ينكر وجود هذه العوالم الأخرى؟ بل الأسوأ من ذلك، هو أنك تستطيع أن تستخدم عوالم كثيرة لتفسير كل شيء. لقد أصبح العلم زائداً عن الحاجة، ولن تحتاج انتظامات الطبيعة إلى مزيد من البحث، لأن بالإمكان تفسيرها ـ ببساطة ـ كنتيجة لاصطفاء دعت إليه الحاجة لإبقائنا أحياء ومراقبين للكون. زد على ذلك، هناك شيء غير مقنع ـ فلسفياً ـ حول تلك الأكوان التي تمضي دون أن نلاحظها. ولأورد ما قاله بينروس «ما الذي يعنيه أن نقول أن شيئاً ما يوجد، إذا كان ـ من حيث المبدأ ـ لا يمكن رؤيته؟» سأقول المزيد في هذا الموضوع في الفصل التالي.

لعبة النرد

إنني أعترف أن المرء لا يستطيع أن يبرهن أن العالم منطقي. وفي أعمق مستوى بالإمكان أن نثبت أنه ممكن، وأن علينا أن نقبل وجود سمات العالم كحقائق صرفة، كان ممكناً أن تكون على غير ما هي عليه. فمع أن نجاح العلم هو في حده الأدنى دليل مادي قوي لمصلحة منطقية الطبيعة. ففي مسار محاكمة عقلية ناجحة، أن نتتبع مسارها العلمي حتى نجدها أنها تفشل.

في ذهني، ليس لدي شكوك على الإطلاق بأن النقاشات لمصلحة عالم ضروري هي رجراجة أكثر من النقاشات لمصلحة وجود ضروري، لذلك فأنا شخصياً ميال لأن أختار الثاني. مع ذلك إنني أعتقد أيضاً أنه ما تزال هناك صعوبات تربط هذه الكينونة الضرورية الأزلية بتجربة العالم الجائز، المتغير، وذلك للأسباب التي ذكرتها. لا أعتقد أن بالإمكان فصل هذه الصعوبات عن الأحاجي غير المحسومة والمتنوعة، بما يتعلق بطبيعة الزمن، وحرية الإرادة، وفكرة الهوية الشخصية. وكذلك ليس واضحاً لي أن هذه الكينونة المفترضة التي تعزز عقلانية العالم لها علاقة كبيرة مع الإله الشخصي في الدين، وعلاقة أقل مع الله في الكتاب المقدس أو في القرآن. فبالنسبة لمنطقية الطبيعة فليس لدي شكوك إطلاقاً حيالها، إنني ملتزم بفكرة كون خلاق لأسباب ذكرتها في كتابي/بصمة الكون/. وهنا نقابل ـ حتماً ـ المفارقة في المصالحة بين الوجود والصيرورة، بين المتغير والأزلي. فلا يمكن القيام بذلك إلا من خلال تسوية فقط، تسمى تسوية عشوائية Stochasticity. فنظام التسوية، خاضع لتذبذبات عشوائية لا يمكن التنبؤ بها. ففي الفيزياء الحديثة تدخل التسوية بشكل أساسي في ميكانيك الكوانتم، وهي موجودة حتماً عندما نتعامل مع أنظمة مفتوحة خاضعة إلى اضطرابات خارجية فوضوية.

في النظرية الفيزيائية الحديثة، وجود القوانين الرياضية الثابتة هو الذي يجسد لنا

العقلانية، والسمة الابداعية تجسدها حقيقة أن هذه القوانين هي بالأساس إحصائية من حيث الشكل. لنستخدم عبارة آينشتاين الشهيرة: الله يلعب النرد مع الكون. فالطابع الإحصائي الجوهري لوقائع ذرية، وعدم استقرار الكثير من الأنظمة الفيزيائية، أو من تذبذبات دقيقة، فهذا يضمن أن المستقبل يبقى مفتوحاً ولا يقرره الحاضر. هذا يفسح المجال لإمكانية ظهور أشكال وأنظمة جديدة، بحيث أن الكون معطى له نوع من الحرية لاستكشاف الجدة الحقيقية. وبذلك أجد نفسي في حالة تناغم وثيق مع فكرة السيرورة التي تحدثنا عنها في هذا الفصل.

إنني أدرك أن إدخال تسوية عند مستوى أساسي في الطبيعة، فذلك يعني تخلياً جزئياً عن مبدأ السبب الكافي. فإذا كانت هناك تسوية حقيقية في الطبيعة، فإن نتيجة أي رمية أو موت محدد، هو بالواقع لا يحدده أي شيء،لنقل أنه لا يوجد هناك سبب لماذا ـ في تلك الحالة المحددة ـ كانت النتيجة قادمة. دعني أعطي مثالاً: تخيل إلكتروناً يصدم ذرة. فميكانيك الكوانتم يقول لنا أن هناك احتمالاً متساوياً أن ينحرف الالكترون إلى اليسار بقدر احتمال انحرافه إلى اليمين. فإذا كانت الطبيعة الحسابية لوقائع الكوانتم هي فطرية فعلاً، وليست مجرد نتيجة لجهلنا، إذن فإن انحراف الالكترون إلى اليسار بدلاً من أن ينحرف إلى اليمين دونما سبب مهما كان لماذا فعل ذلك.

فهل هذا الأمر موجود لئلا نعترف بأن هناك عاملاً من اللامنطقية في العالم؟ لقد اعتقد آينشتاين ذلك «الله لا يلعب النرد مع الكون!». لماذا لم يستطيع آينشتاين أبداً أن يتقبل فكرة أن ميكانيك الكوانتم يقدم وصفاً تاماً للواقع. لكن لا عقلانية الإنسان هي قدرة إبداع لشخص آخر. وليس هناك فرق بين تسوية عشوائية والفوضى. إن تطور الأشكال والأنظمة الجديدة خاضع لمبادئ عامة في النظام الذي يوجه ويشجع بدلاً من أن يلزم المادة والطاقة أن تتطور وفق مسارات تطور محددة مسبقاً. في كتابي/بصمة الكون/ استخدمت كلمة (أي الوجهة المسبقة) كي أشير إلى هذه الميول العامة، ولأميزها عن الحتمية بالمعنى الذي يقصده الإكويني من الكلمة. فالذين يختارون أن يروا يد الله الموجهة ـ مثل لاهوتيو السيرورة ـ بدلاً من تلقائية حقيقية في الطريقة التي يتطور فيها الكون إبداعياً، فإن بالإمكان تنفيذ المقاصد الإلهية. فليس هناك حاجة إلى إله يتدخل مباشرة في مسار التطور عن طريق تحميل النرد، اقتراح ذكرته بشكل عابر في

الفصل الخامس. فقد يكون التوجيه من خلال القوانين الأزلية في النظام وفي تدفق المعلومات.

فقد يثار اعتراض بأن إذا كان امرؤ على استعداد للتخلي عن مبدأ السبب الكافي في مرحلة من المراحل، فإن بإمكانه أن يتخلى عنه في مكان آخر أيضاً. فإذا ما حدث أن انحرف الكترون إلى اليسار، أوليس من الممكن أن تكون القضية أن قانون المربع المقلوب في الجاذبية، أو الشروط البدئية الكونية «أن تحدث» لتكون هي القضية؟ أعتقد أن الإجابة هي كلا. إن التسوية العشوائية الملازمة في فيزياء الكوانتم هي مختلفة أساساً في هذا الخصوص. فشروط فوضوية إجمالية أو عشوائية جميلة، النرد الكوانتم هو بحد ذاته قانون ذو طبيعة محددة. فعلى الرغم من أن كل حدث كوانتم فردي قد يكون من غير الممكن التنبؤ به فعلاً، إلا أن مجموعة من أحداث متماثلة تلتزم بتنبؤات الإحصائية لميكانيك الكوانتم. قد يقول امرؤ هناك نظام في الفوضى. لقد أكد الفيزيائي جون ويلر أن سلوكاً يشبه القانون يستطيع أن يظهر من حالة اللاقانون الظاهرية للتذبذبات العشوائية، لأن حتى الفوضى قد تمتلك انتظامات إحصائية. النقطة الأساسية هنا هي أن أحداث كوانتم تشكل تجمعاً نستطيع أن نراه. بينما قوانين الفيزياء والشروط البدئية لا تشكل تجمعاً. فهناك شيء كي نناقشه: إن كل حدث في سيرورات فوضوية مختارة يحدث فقط كي يكون ما هو عليه.

في هذه الجولة الفلسفية كنت مهتماً كثيراً بالمحاكمة المنطقية، وقمت بالاشارة - قليلاً - إلى حقائق تجريبية عن العالم. فالنقاشات الأنطولوجية والكوسمولوجية هي فقط مجرد دليل على وجود كينونة ضرورية، وهذه الكينونة تبقى ظلية ومجردة. فإذا ما وُجدت هذه الكينونة فهل بوسعنا أن نعرف كل شيء عن طبيعتها من خلال تفحص للكون الفيزيائي؟ وهذا يقودني إلى المخطط الكوني.

الفصل الثامن

كون مُصَمَّمٌ

لا يزال البشر يشعرون بالرهبة حيال التنظيم المعقد الدقيق، والمهيب للكون الفيزيائي. فمسار الأجرام السماوية عبر السماء، وايقاعات الفصول، ونماذج ندف الثلج، وأعداد المخلوقات الحية المتكيفة جيداً مع بيئتها، هذه الأشياء جميعاً تبدو متراتبة بشكل جيد لدرجة أن من غير الممكن أن تكون قد وجدت بمصادفة لا منطق لها. ويبدي البشر ميلاً طبيعياً إلى عزو هذا الترتيب الدقيق في الكون إلى أفعال إله غائية.

لقد لعب نهوض العلم دوراً في توسيع مجال عجائب الطبيعة، لدرجة أننا قد اكتشفنا هذا الترتيب من أعمق فجوات الذرة حتى أبعد المجرات. بيد أن العلم قدم أسبابه الخاصة أيضاً لهذا الترتيب، فلم نعد بحاجة إلى لاهوتيين كي يفسروا لنا ندف الثلج، أو العضويات الحية. فقوانين الطبيعة كثيرة لدرجة أن المادة والطاقة تستطيعان أن تنظما نفسيهما في أشكال وأنظمة معقدة تحيط بنا. وسيكون من التسرع أن نزعم أن العلماء يفهمون كل شيء عن هذا التنظيم الذاتي، وكما يبدو ليس هناك سبب أساسي يفسر لنا لماذا قوانين الفيزياء معطى. وجميع الأنظمة الفيزيائية المعروفة لا يمكن تفسيرها بشكل مقنع على أنها نتائج عمليات فيزيائية.

يستنتج بعض الناس من هذا أن العلم قد سلب الكون من جميع أسراره وغاياته، وأن النقاش المفصل للعالم الفيزيائي هو إما مصادفة لا منطق لها أو نتيجة حتمية لقوانين ميكانيكية. فالفيزيائي ستيفن فاينبيرغ Weinberg يعتقد أن «كلما بدا الكون أنه قابل للفهم، كلما بدا أنه أكثر لا غائية»(١). ويعكس عالم الجيولوجيا جاك مونود Monod صدى هذا الشعور الكئيب «العهد القديم هو الآن قطعاً، فالإنسان يعرف أخيراً أنه هو

وحده وسط الضخامة الفاقدة الحس للكون، ومنه نشأ بمحض المصادفة. ومصيره وواجبه ليسا مكتوبين»(٢). فلا يستمد جميع العلماء ـ على أية حال ـ نفس النتائج من الحقائق. فعلى الرغم من أن قبول أن تنظيم الطبيعة بالإمكان تفسيره عن طريق قوانين الفيزياء، ومعها الشروط الكونية البدئية المناسبة، إلا أن بعض العلماء يعتبرون أن الكثير من البنى والنظم المعقدة في الكون إنما تعتمد في وجودها على الشكل الخاص والمحدد لهذه القوانين والشروط البدئية. زد على ذلك ـ ففي بعض الحالات ـ يبدو وجود التعقيد في الكون متوازناً بشكل جميل وجيد جداً، لدرجة أن حدوث تغيرات صغيرة في شكل القوانين سوف يمنع ـ كما يبدو ـ هذا التعقيد من النشوء. تقترح دراسة دقيقة أن قوانين الكون مناسبة لحد كبير لظهور الغنى والتنوع. ففي حالة العضويات الحية، يبدو أن وجودها يعتمد على عدد من المصادفات المتزامنة التي هلل لها بعض العلماء والفلاسفة على أنها ليست أقل من أشياء مذهلة.

وحدة الكون

هناك جوانب مختلفة عديدة لهذا الزعم الذي هو جيد لدرجة أنه يصعب أن يكون صحيحاً. الجانب الأول يتعلق بالترتيب العام للكون. هناك سبل لا نهائية كان من المحتمل فيها أن يكون الكون فوضوياً كلياً، وربما دون قوانين على الإطلاق، أو مجرد خليط غير متماسك من القوانين التي جعلت المادة تسلك طريقاً غير مرتبة أو ثابتة. بالمقابل، كان من الممكن أن يكون الكون بسيطاً جداً لدرجة يغدو معها بلا ملامح، على سبيل المثال خالياً من المادة والحركة. وباستطاعة المرء أن يتخيل كوناً تتغير الشروط فيه من لحظة إلى لحظة بطريقة معقدة أو عشوائية، أو توقف كل شيء فيه ـ فجأة ـ عن الوجود. فكما يبدو ليس هناك عائق منطقي أمام فكرة أكوان لا ضابط لها. غير أن الكون الحقيقي ليس على هذه الشاكلة، إنه منظم جداً، فيه قوانين فيزيائية محددة جداً، وعلاقات لسبب ونتيجة محددة. لكن هذه القوانين يعتمد بعضها على بعض. وكما قال ديفيد هيوم يستمر مسار الطبيعة دائماً كما هو بكل انتظام واتساق. فهذا الترتيب السببي لا يستتبع من ضرورة منطقية، فهو خاصية تركيبة العالم، خاصية تتطلب بعض الشرح.

لا يظهر هذا العالم انتظامات عسفية فقط، بل مرتب بطريقة خاصة جداً. فكما شرحت في الفصل الخامس، الكون موضوع بشكل جميل بين طرفي توأم: ترتيب محكم بسيط (مثل البللورة)، وتعقيد عشوائي (كما في غاز فوضوي). لا يمكن إنكار حقيقة أن العالم معقد،لكن هذا التعقيد هو من نوع تنوع منتظم، وحالات الكون ذات عمق (لأستخدام الكلمة الفنية التي أوردتها في الفصل الخامس). وهذا العمق لم يكن بنيوياً في الكون عند منشأه. بل نشأ من عماء بدئي في سلسلة سيرورات تطوير ذاتي قامت بإغناء وتعقيد الكون الناشئ بشكل مستمر. من السهل أن نتخيل ذلك العالم،

فعلى الرغم من أنه مرتب، إلا أنه لا يمتلك النوع الصحيح من القوى أو الشروط من أجل انبثاق عمق ذي أهمية.

هناك معنى آخر كي يتخذ ترتيب الكون المادي معناه الخاص. فهذا يتعلق بالتماسك والتناسق العام، ووحدة الطبيعة، وحقيقة أننا نستطيع أن نتحدث عن معنى تام للكون، على أنه مفهوم يضم الجميع. فالعالم يضم أشياء فردية، وأنظمة، لكنها مبنية بحيث إذا ما أخذت مع بعضها تشكل كلاً موحداً ومتلائماً. فالقوى المتنوعة في الطبيعة ـ على سبيل المثال ـ ليست ارتباطاً عشوائياً لمؤشرات متباينة. فالتداخل الذي يدعم كل منه الآخر بشكل متبادل يسبغ على الطبيعة استقراراً وانسجاماً من الصعب أن نفهمه رياضياً، لكن هذا أمر واضح لدى كل من يدرس العالم بعمق. لقد حاولت ـ مسبقاً ـ أن أوضح ما أعنيه بهذا التلاحم المتوافق باستخدام تشبيهه بالكلمات المتقاطعة.

من المذهل أن نجد كيف أن سيرورات تحدث على مجال مايكروسكوبي ـ فلنقل في الفيزياء النووية ـ تبدو متناغمة جداً لتولد تأثيرات متنوعة وهامة على مجال أكبر منها بكثير، في الفيزياء الفلكية، على سبيل المثال. وهكذا نجد أن قوة الجاذبية متحدة من خواص تيرموديناميكية وميكانيكية لغاز الهدروجين تكون في حالة تخلق أعداداً كبيرة من كرات الغاز. فهذه الكرات كبيرة بما يكفي كي تقدح شرارة الإنطلاق لتفاعلات نووية، لكن ليست كبيرة بحيث تنهار بسرعة في ثقوب سوداء. بهذه الطريقة تولد النجوم الثابتة، نجوم كبيرة عديدة تموت بطريقة رائعة عن طريق الانفجار، أي ما يسمى سوبر نوفا جزء من القوة المتفجرة مستمد من عمل أحد جزيئات دون ذرية مراوغة في الطبيعة نيو ترينو، التي هي خالية كلياً من الخواص الفيزيائية: النيوترينو الكوني المتوسط الحجم يمكن أن يخترق سنوات ضوئية كثيرة من الرصاص الصلب. مع أن هذه الكيانات الشبحية ما يزال باستطاعتها ـ تحت شروط متطرفة بالقرب من مركز نجم ضخم محتضر ـ أن تجمع حزمة كافية لتفجير معظم المادة النجمية في الفضاء. وهذا الفتات الناتج مربوط بإحكام بعناصر ثقيلة من النوع الذي يتكون منه كوكب الأرض. وهكذا يمكننا أن نعزو وجود كواكب شبيهة بالأرض بتنوعها الضخم من أشكال المادة والأنظمة حتى إلى نوعيات جزيئات دون الذرية لم تكتشف بعد، والتي عملها ضعيف جداً. وتقدم دورات حياة النجوم مثالاً واحداً فقط على الطريقة التي تبدو بسيطة ومدبرة، فيها جوانب الفيزياء الواسعة المجال والصغيرة المجال تتداخل بشكل وثيق لتولد تنوعاً معقداً في الطبيعة.

بالإضافة إلى هذا التداخل المتماسك للجوانب المتنوعة في الطبيعة، هناك تناسق غريب في الطبيعة. فقوانين الفيزياء المكتشفة في المختبر تنطبق على ذرات مجردة بعيدة كذلك. فالالكترونات التي تشكل الصورة على شاشة تلفازك لها نفس الكتلة، والشحنة واللحظة المغناطيسية مثل تلك الالكترونات على القمر، أو عند طرف الكون المرئي. هذه السمات موجودة دون تغير ملحوظ من لحظة إلى لحظة تالية. بالإمكان قياس اللحظة المغناطيسية للإلكترون بدقة عشرة أرقام، ولم يكتشف أي تباين في هذه الخاصية. هناك دليل جديد على أن الخواص الأساسية للمادة لا تختلف كثيراً، حتى طوال عمر الكون.

بالاضافة إلى اتساق قوانين الفيزياء، هناك أيضاً انسجام في التنظيم الفراغي للكون. فالمادة والطاقة موزعتين على نطاق واسع بشكل متساوٍ جداً، وكما يبدو، يتمدد الكون بنفس النسبة في كل مكان، وفي جميع الاتجاهات. هذا يعني أن كياناً غريباً في مجرة أخرى سيرى نفس النوع من التدبير الواسع النطاق للأشياء كما نراها نحن. إننا نتشارك مع مجرات أخرى في تاريخ كوني مشترك. لقد حاول الكوسمولوجيون تفسير هذا الاتساق باستخدام ما أسموه الكون التضخميInflationary، الذي يتضمن قفزة مفاجئة في حجم الكون بعد ولادته بوقت قصير. وهذا سيكون له تأثير مليّن لأية عدم انتظامات بدئية. من الأهمية بمكان أن ندرك أن تفسير اتساق الكون من خلال آلية فيزيائية لا يقدم شيئاً ليقلل من خصوصيته، لأن باستطاعتنا أن نسأل لماذا تسمح قوانين الفيزياء لتلك الآلية أن تعمل. القضية قيد النظر هي ليست الطريقة التي جاء فيها الشكل الخاص جداً، بل هي أن العالم مبني هكذا، وهكذا جاء.

أخيراً، هناك بساطة القوانين التي تناقش كثيراً، أعني أن القوانين التي بالإمكان التعبير عنها في علاقات رياضية بسيطة (مثل قانون المربع المقلوب). نستطيع أن نتخيل عوالم التي فيها انتظامات، لكنها من نوع معقد جداً يتطلب دمجاً مشوشاً لعوامل رياضية مختلفة. المسؤولية هي أن نطور رياضياتنا بدقة لجعل العالم يبدو بسيطاً، وهذا ما عالجته في الفصل السادس. أعتقد أن «الفعالية غير المعقولة» في الرياضيات لوصف العالم هي دليل على أن انتظامات الطبيعة هي نوع خاص جداً.

الحياة صعبة جداً

لقد حاولت أن أصوغ قضية أن كوناً متماسكاً ومنتظماً يحتوي على بنىً معقدة ومنظمة ومستقرة يتطلب قوانيناً وظروفاً شديدة الخصوصية. فكل الدلائل تشير إلى أن هذا ليس مجرد كون قديم، بل كون متكيف جداً مع وجود كيانات هامة وممتعة (كالنجوم الثابتة). وقد بينت في الفصل السابع أن فريمن دايسون قد شكل هذا الإحساس، وكذلك فعل آخرون في تشكيل ما يماثل مبدأ يحمل أقصى درجات التنوع.

لكن الحالة تصبح مراوغة أكثر إذا ما وضعنا باعتبارنا وجود عضويات حية. فالأنظمة البيولوجية لها شروطها الخاصة جداً، وقد لبت الطبيعة هذه الشروط بكل سرور، وقد تم التعليق عليها منذ القرن السابع عشر على الأقل، ومع تطور الكيمياء الحيوية، وعلم الوراثة، والبيولوجيا الجزيئية، وبذلك ظهرت الصورة كاملة. ففي عام ١٩١٣ كتب عالم الكيمياء الحيوية في جامعة هارفارد لورانس هندرسونHenderson «خصائص المادة، ومسار التطور الكوني نراهما الآن مرتبطين بشكل وثيق مع بيئة الوجود الحي وبأنشطته.... بإمكان عالم الأحياء أن يعتبر الكون في جوهره على أنه متمركز حيوياً bio-centeic»(٣). لقد توصل هندرسون إلى وجهة النظر هذه من خلال عمله على نظام الحمضية والقلوية في العضويات الحية، والطريقة التي يعتمد فيها هذا النظام ـ وبشكل حاسم ـ على خصائص خاصة لمواد كيميائية محددة. لقد دهش كثيراً للكيفية التي يندمج فيها الماء ـ الذي له عدة خواص شاذة ـ في الحياة في مستوى أساسي، فلو لم تكن هذه المواد المختلفة موجودة، أو لم تكن قوانين الفيزياء مختلفة نوعاً بحيث أن المواد لم تكن لها هذه الخواص الخاصة، لكانت الحياة (كما نعرفها) مستحيلة. لقد اعتبر هندرسون «ملائمة الطبيعة» للحياة كبيرة جداً بحيث أنها لا يمكن أن تكون عرضية، وتساءل عن شكل القانون القادر على تفسير هذا الانسجام.

في ستينات القرن العشرين أشار الفلكي فريد هويل Hoyle إلى أن عنصر الكربون الذي تجعله خواصه الكيميائية الغريبة يلعب دوراً حاسماً في الحياة على سطح الأرض، فهو يصنع مع الهليوم داخل نجوم كبيرة، ثم ينطلق منها في انفجارات قوية جديدة، كما ناقشنا ذلك في القسم السابق. فأثناء تفحصه للتفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى تشكل الكربون في نوى النجوم، أذهلته حقيقة أن التفاعل الرئيسي يبدأ فقط بعد ضربة حظ Luck Fluke. تتكون نوى الكربون في عملية هي بالأحرى أكثر تضليلاً، إذ تتضمن مقابلة متزامنة لثلاث نوى هليوم عالية السرعة التي تلتصق مع بعضها بعدئذ. فبسبب ندرة مقابلات نوى ثلاثية، يبدأ التفاعل بمعدل كبير عند طاقات محددة تماماً تسمى الطنين Resonances، حيث يتضاعف معدل التفاعل كثيراً بالتأثيرات الكوانتية. فعن طريق الحظ الجيد واحد من هذه الطنانات يتوضع تماماً إلى اليمين ليقابل نوع الطاقات التي في نوى الهليوم داخل النجوم الكبيرة. لكن ما يدعوا للغرابة هو أن هويل لم يعرف هذا الأمر في حينه، لكنه تنبأ أنه لا بد أن يكون كذلك، على أساس أن الكربون عنصر متوافر في الطبيعة. وقد أثبتت التجارب ـ لاحقاً ـ أنه كان محقاً. وقد أوضحت دراسة تفصيلية أن «تزامنات» أخرى، لما كان ينتج الكربون بدونها ويبقى داخل النجوم. لقد تأثر هويل كثيراً «بهذه السلسة العملاقة من المصادفات»، مما دفعه إلى القول وكأنما «قوانين الفيزياء النووية مصممة عن عمد فيما يتعلق بالنتائج التي تحدث داخل النجوم»(٤). ثم قام لاحقاً بشرح وجهة النظر أن الكون يبدو مثل «Put-up-job». وكأنما كان هناك شخص يتلاعب بقوانين الفيزياء(٥).

المقصود من إيراد هذه الأمثلة هو أن تكون مجرد عينة. لقد تم جمع قائمة طويلة من «مصادفات سعيدة» و «تزامنات» منذ ذلك الحين، خاصة ما قام به الفيزيائي الفلكي براندون كار Carr، وبرنارد كار Carr، ومارتن ريس Rees، فهذه القائمة إذا ما أخذت ككل فإنها تقدم دليلاً قوياً على أن الحياة كما نعرفها تعتمد بكل دقة على شكل قوانين الفيزياء، وعلى مصادفات عرضية، كما يبدو، في القيم الفعلية التي اختارتها الطبيعة لكتل جزيئية متنوعة، وللقوة، والصلابة وما شابه ذلك. يكفي أن نقول إننا إذا استطعنا أن نلاعب الله Play God، وننتقي قيماً لهذه الكميات بنزوة عن طريق فتل مجموعة من الأزرار، فإننا سنجد أن جميع تجهيزات الزر ـ تقريباً ـ سوف يغدو الكون غير قابل للسكنى. في بعض الحالات يبدو وكأن الأزرار يجب أن تدوزن بدقة

هائلة، إذا ما أريد للكون أن يزدهر. ففي كتابهما /مصادفات كونية/ يستنتج جون غريبن Gribbin، ومارتن ري Ree «أن الشروط في كوننا تبدو فعلاً ملائمة وبشكل فريد لأشكال الحياة كأشكالنا نحن»(٦).

أمر بديهي أننا نستطيع أن نرصد فقط كوناً منسجماً مع وجودنا. فكما ذكرت من قبل، هذه الروابط بين المراقبة البشرية والقوانين، وشروط الكون أصبحت معروفة، باسم مبدأ الأنتروبيAnthropic. وهذا المبدأ لا يؤكد أن وجودنا يجبر لحد ما قوانين الفيزياء أن تتخذ الشكل الذي تتخذه، ولا يحتاج المرء أن يستنتج أن القوانين قد صممت عن عمد، والناس بالذهن أثناء التصميم. من ناحية ثانية، حتى تغيرات بسيطة عن الطريقة التي توجد الأشياء عليها قد تؤدي إلى أن تجعل الكون غير مرئي، وهذه حقيقة لها مغزى عميق.

هل صمم خالق ذكي الكون؟

لقد قال الفلاسفة الإغريق الأوائل أن نظام الكون وانسجامه يتطلب تفسيراً، لكن فكرة أن هذه الصفات مستمدة من خالق يعمل وفقاً لخطة تم تصورها مسبقاً، لم تتم صياغتها بشكل جيد إلا في الحقبة المسيحية. ففي القرن الثالث عشر، قدم الاكويني فكرة أن الأشياء الطبيعية تعمل وكأنها موجهة نحو هدف محدد أو نهاية محددة «وكأنما كي تحصل على أفضل نتيجة». وهذا التناسب بين الوسائل والغايات يعني «القصدية أوالنية Intention» كما قال الاكويني. لكن بما أنه رأى أن الأشياء الطبيعية تفتقر إلى الوعي، وبذلك لا تستطيع أن تقدم تلك النية لأنفسها «وجود ذكي ما موجود، ومن خلاله جميع أشكال الطبيعة توجه إلى غايتها، وهذا الوجود نسميه الله»(٧).

لكن لم يلبس النقاش الاكويني أن تداعى في القرن السابع عشر مع تطور العلوم والميكانيك. فقوانين نيوتن تفسر حركة الأجسام المادية من خلال العطالة Inertia، والقوى دون الحاجة إلى إشراف إلهي. فهذا الوصف الميكانيكي للعالم ليس له مكان في التليولوجيا (نهائي، أو أسباب موجهة إلى الهدف). يجب البحث عن تفسير لسلوك الأجسام في أسباب فيزيائية مباشرة، أي القوى المؤثرة عليها من قبل أجسام أخرى. مع ذلك، هذا التحول في النظرة إلى العالم لابد من أن يكون مصمماً من أجل غاية. لقد اعتقد نيوتن أن النظام الشمسي بدا أنه معقد جداً، لدرجة أنه قد نشأ من عمل قوى العماء فقط: «هذا النظام الأكثر جمالاً، الكواكب، والشهب، لا يمكن أن تظهر إلا من مشورة وسيطرة وجود مقتدر وذكي»(٨). ما يزال المرء يشعر بالحيرة من الطريقة التي رتبت فيها الأشياء المادية في الكون. ويرى العديد من العلماء أن الافتراض بأن تنظيم الطبيعة الدقيق والمتناغم هو أكثر من مجرد نتيجة لمصادفة. وقد عبر عن وجهة النظر هذه

روبرت بويل Boyle: «التصميم الممتاز لذلك النظام العظيم في الكون، وبخاصة النسيج الغريب لأجسام الحيوانات، واستخدام حواسها، وأجزاء أخرى قد عدت الدوافع الأكبر مما استقرأه الفلاسفة والعلماء في جميع العصور والشعوب، كي يقروا بإله خالق لجميع هذه البنى العجيبة».

لقد أدخل بويل المقارنة الشهيرة بين الكون وآلية عمل الساعة، وقد عبر عنها بمنتهى الفصاحة اللاهوتي وليم بالي Paley في القرن الثامن عشر. قال بالي «افترض أنك تعبر مرجاً، وعثرت على ساعة ملقاة على الأرض. فبعد تفحصها نلاحظ التنظيم المعقد لأجزائها،وكيف رتبت هذه الأجزاء بطريقة تتعاون مع بعضها كي تحقق غاية مشتركة. حتى إذا لم يحدث أن رأيت ساعة، وليس لديك فكرة عن عملها، فإنك سوف تقاد إلى الاستنتاج أنها كانت مصممة من أجل هدف. وعندما نفكر بالتصميم الأكثر دقة للطبيعة، فإننا سوف نتوصل إلى النتيجة ذاتها، وبقوى أكبر حتى».

عرض هيوم ضعف هذا النقاش، بأنه يبدأ بالتشبيه: الكون الميكانيكي مشابه للساعة، فالساعة لها مصمم، وبالتالي لابد أن يكون للكون مصمم. وباستطاعة المرء القول إن الكون عضوية حية، وبالتالي لابد أنه قد نما من Fetus في الرحم الكوني. بكل وضوح، لا يرقى أي نقاش قائم على التشبيه إلى مرتبة أن يصبح برهاناً. فأفضل ما يستطيع القيام به هو أن يقدم دعماً لفرضية. فدرجة الدعم تعتمد على درجة الإقناع التي تكون في التشبيه. فكما يوضح جون ليزلي، لو كان العالم فيه قطع من الغرانيت التي طبع عليها «مصنوعة من قبل الله» مثلما توضع علامة صانع الساعة، فبالتأكيد أن حتى فلاسفة هذا العالم يجب أن يكونوا مقتنعين. «بالإمكان أن نسأل ما إذا كل قطعة متصورة من دليل على العمل الإلهي الخلاق... من بينها ـ لنقل ـ رسالة مكتوبة في بنى سلسلة جزيئات تحدث في الكون... سوف تمتنع عن التعليق «لا شيء غير محتمل في ذلك»(١٠). الدليل الواضح على التصميم يوجد في الطبيعة، لكنه مخبأ بطريقة ما عنا. وربما سنصبح مدركين فقط «للعلامة التجارية للمهندس» عندما نبلغ مستوى معيناً من الإنجاز العلمي. هذا هو موضوع رواية باسم /احتكاك Contact/ التي كتبها الفلكي كارل ساغان Sagan. رسالة موضوعة بدقة في أرقام العدد PI ـ عدد مدمج في بنية الكون ذاتها ـ ويمكن الوصول إليه باستخدام تحليل حاسوب معقد.

يقبل معظم الناس العقلاء نقاشات تقوم على إقامة أوجه شبه أخرى تجاه العالم. وإحدى هذه الأوجه يتعلق بوجود كون فيزيائي. فتجاربنا المباشرة تشير دائماً إلى عالمنا العقلي، عالم ذو انطباعات حسية. إننا ننظر إلى هذا العالم العقلي على أنه مُصَوَّرٌ أمين بشكل معقول أو نموذج لعالم فيزيائي موجود فعلاً «هناك»، ونميز بين صور الأحلام والصور المادية. مع ذلك فإن المصور أو النموذج هو مجرد شبه، وعادة، نكون على استعداد لتقبله. ويتطلب الأمر إيماناً أكبر عندما نستنتج أن هناك عقولاً أخرى إلى جانب عقولنا. فخبرتنا عن البشر مستمدة كلياً من التفاعلات الداخلية مع أشكالهم، كما أننا لا نستطيع أن نفهم عقولهم مباشرة. ويتصرف أناس آخرون وكأنهم يشتركون معنا في تجاربنا العقلية، لكننا لا نستطيع أن نعرف ذلك أبداً. فتكون النتيجة أن عقولنا موجودة، وقائمة كلياً على تشابه مع سلوكنا وتجاربنا.

بالإمكان أن نعتبر التصميم صحيحاً أو خاطئاً، لكنه مع ذلك مُوجَّه بدرجة أكبر أو أقل. فكم هو موح؟ ما من عالم يجادل نيوتن، ويزعم أن النظام الشمسي مرتب بحيث ينشأ طبيعياً. فعلى الرغم من أن أصل النظام الشمسي ليس مفهوماً تماماً، إلا أننا نعرف الآليات الموجودة التي ترتب الكواكب بطريقة مستقرها، هي التي نجدها عليها. مع ذلك، فقد أوحى التنظيم الكلي للكون لفلكيين معاصرين كثر بوجود عامل تصميم. لقد صرح جيمس جينز Jeans «أن الكون ـ كما يبدو ـ مصمم من قبل عالم رياضيات محضة، وهو يشبه أكثر فكرة عظيمة مما يشبه آلة كبيرة». إننا نكتشف أن الكون يبدي دليلاً على وجود تصميم، أو قدرة مسيطرة لها شيء مشترك مع عقولنا الفردية. وما قد اكتشفناه ليس عاطفة أخلاقية أو تقديراً جمالياً، بل الميل إلى أن نفكر بالطريقة التي نصفها بأنها رياضية، لأننا نفتقد إلى كلمة أفضل منها.

دعنا ننتقل من الفلك لحظة. فالأمثلة الأكثر إذهالاً «في بنى الطبيعة» موجودة في عالم البيولوجيا، وقد كرس بالي معظم اهتمامه إلى هذا العالم. إن تكيف الوسائل مع الغايات أمر خرافي في البيولوجيا. فالعين على سبيل المثال، من الصعب أن نتخيل أن المراد من هذا العضو ليس تقديم المقدرة على الرؤية. أو أن جناحي الطائر ليسا من أجل الطيران. فيرى بالي وآخرون كثيرون أن هذا التكيف المعقد والناتج ينطق بترتيب العناية الإلهية لمصمم ذكي. إننا نعرف جميعاً مدى بداهة هذا النقاش. لقد أوضحت نظرية التطور الداروينية ـ بشكل حاسم ـ أن تنظيماً معقداً بما فيه الكفاية متكيف مع البيئة قد

استطاع أن ينشأ كنتيجة لتحولات عشوائية واصطفاء طبيعي. فلا حاجة إلى مصمم كي ينتج عيناً أو جناحاً. فهذه الأعضاء تظهر كنتيجة لسيرورات طبيعية عادية تامة. وقد تمت صياغة احتفاء بهذا في كتاب/صانع الساعات الأعمى/ لعالم الأحياء في جامعة أوكسفورد ريتشارد داوكينز Dawkins.

النقد الشديد الموجه إلى نقاش التصميم لهيوم، وداروين وآخرين أدى ـ بشكل أو آخر ـ إلى تخلي اللاهوتيين عنه تماماً. لكن ما يدعو إلى الغرابة، أن هذا النقاش قد استعيد ثانية في السنوات الأخيرة على يد عدد من العلماء. فهذا النقاش بشكله الجديد موجه ليس إلى الأشياء المادية في الكون، بل إلى القوانين الكامنة التي كانت محصنة ضد الهجوم الدارويني. فلكي نفهم لماذا، دعني أولاً أشرح السمة الأساسية للتطور الدارويني. ففي قلب نظرية داروين، تتطلب النظرية وجود تجمع أو مجموعة أفراد متماثلين عليهم يعمل مبدأ الاصطفاء. فعلى سبيل المثال، تأمل كيف توصلت الدببة القطبية لأن تختلط بالثلج جيداً. تخيل مجموعة من الدببة البنية اللون تصطاد الطعام في منطقة ثلجية. ففريستها ستراها آتية فتقوم بالانسحاب السريع، وبالتالي ستتعرض الدببة البنية إلى وقت عصيب. بعدئذ، وبمصادفة وراثية تلد دباً أبيض. يتمكن هذا الدب الأبيض من العيش بسهولة لأن باستطاعته أن يزحف إلى فريسته دون أن تلحظه بسهولة. إنه يعيش مدة أطول من منافسيه الدببة البنية، ومن ثم تلد المزيد من المواليد البيضاء. وتتحسن شروط حياتها لتلد المزيد من الدببة البيضاء، فلا يمضي وقت طويل حتى تسيطر الدببة البيضاء وتأخذ كل الطعام، وتبعد الدببة البنية باتجاه الانقراض.

يصعب أن نتخيل أن شيئاً كالقصة السابقة ليس قريباً جداً من الحقيقة. لكن ينبغي أن نلاحظ وجود الكثير من الدببة كي تبدأ القصة بها. فأحد أفراد مجموعة من الدببة يولد بمحض المصادفة دبة بيضاء، وبالتالي يتم اكتساب سمة اصطفائية على الدببة الأخرى. فهذا النقاش يتوقف كله على الطبيعة لأنها قادرة على الانتقاء من بين أفراد متماثلين متنافسين على لقمة العيش. لكن عندما يأتي الأمر إلى قوانين الفيزياء والشروط الكوسمولوجية البدئية فلا يوجد مجموعة من المنافسين، فالقوانين والشروط البدئية يتفرد بها عالمنا. فإذا كانت تلك هي الحالة، أي وجود الحياة يتطلب قوانين الفيزياء والشروط البدئية في الكون كي تتناغم جيداً وبدرجة عالية من الدقة، عندئذ يبدو أن وجود تصميم أمراً ملزماً.

لكن قبل أن نقفز إلى تلك النتيجة، يستحسن أن نتناول بعض الاعتراضات. الاعتراض الأول هو: لو لم يتم إجبار الطبيعة كي تنتج الشروط الملائمة من أجل تشكيل الحياة، فلما كنا نحن هناك كي نناقش هذه المسألة. هذا صحيح ـ طبعاً ـ لكنه لا يكاد يرقى ليشكل نقاشاً مقابلاً. فالحقيقة هي أننا هنا، بفضل جدالات موفقة. لكن وجودنا لا يستطيع ـ من تلقاء نفسه ـ أن يفسر لنا هذه الترتيبات. باستطاعة المرء أن يضع جانباً أننا محظوظين جداً ـ بالتأكيد ـ لأن المصادفات شاءت أن تكون في الكون الشروط الضرورية للحياة كي تزدهر، لكن ذلك مغالطة مصير لا معنى لها. إن الأمر لا يتعدى كونه مسألة رأي شخصي. افترض أن بالإمكان إيضاح أن الحياة ستكون مستحيلة لو لم تكن نسبة كتلة الالكترون إلى كتلة البروتون ضمن نسبة ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١ بالمائة لعدد مستقل تماماً، لنقل مائة ضعف نسبة كثافة الماء والزئبق عند الدرجة ١٨ مئوية. فحتى المتشكك الأكثر عناداً يجب أن يكون ميالاً أن يستنتج أن «شيئاً ما كان يحدث» هناك.

لذلك كيف لنا أن نصدر حكماً عن كم سيكون هذا البنيان مريباً؟ المشكلة هي أنه ما من طريقة طبيعية هناك لتحديد عمل الاحتمال الأساسي للمصادفات المتزامنة المعروفة. إذ لا مجال لتقدير قيمة، لنقل قوة القوة النووية التي تحدد موقع طنين Resonance هويل على سبيل المثال، كي تقوم بالاصطفاء. فإذا كان المجال لا نهائياً، عندئذ سيكون بالإمكان اعتبار مجال القيم اللانهائي أن احتماله مساوٍ للصفر كي يقوم بالاصطفاء. وبالتالي سنشعر بالمفاجأة أيضاً مهما كانت متطلبات شروط الحياة التي تفرض تلك القيم، ضعيفة. فهذا، بالتأكيد تخفيض سخيف للنقاش كله. فالمطلوب هو نوع من نظرية ماورائية Meta-theory نظرية ـ نظريات تقدم احتمالاً محدداً جيداً لأن المجال معطى لمقياس القيم. نظرية ـ نظريات كهذه ليست متوفرة بين أيدينا، ولم يتقدم بها أحد حسب علمي. فحتى يتم التقدم بها فإن درجة الإرتياب المعنية يجب أن تبقى ذاتية كلياً، مع ذلك إنها ريبية.

الاعتراض الآخر: هو أن الحياة تتطور كي تلائم الشروط السائدة، لدرجة أن ليس مفاجأة ـ في نهاية المطاف ـ أن نجد حياة حسنة التكيف مع ظروفها. وهذا قد يكون صحيحاً بما يتعلق بالحالة العامة للبيئة المعنية. فتغيرات مناخية معتدلة على سبيل المثال من المحتمل أن تعدل. ومن الخطأ ـ بالتأكيد ـ أن نشير إلى الأرض ونقول «انظر كم هي

الشروط مواتية للحياة! المناخ مناسب تماماً، وهناك وفرة في مخزون الأوكسجين والماء، وقوة الجاذبية مناسبة تماماً من أجل حجم الأطراف الخ. يالها من سلسلة مصادفات متزامنة غريبة! فالأرض كوكب واحد من بين مجموعة ضخمة ممتدة عبر مجرتنا وما وراءها. والحياة تستطيع أن تتشكل فقط على تلك الكواكب حيث الشروط مناسبة. فلو لم تكن الأرض واحدة منها، فلربما كان قد كتب هذا الكتاب في مجرة أخرى غير الأرض. فهنا لسنا معنيين بأي شيء ضيق النظرة، مثل الحياة على الأرض. فالسؤال هو: تحت أية شروط تنشأ الحياة على الأقل في مكان ما في الكون؟ فإن تظهر تلك الحياة، فإنها حتماً ستجد نفسها تقع في موقع ملائم.

النقاش الخاص الذي أخوضه لا يرجع إلى هذا الجانب أو ذاك، بل إلى قوانين الفيزياء الكامنة ذاتها. فما لم تلبي تلك القوانين متطلبات محددة، فالحياة لن تبدأ بالانطلاق. بكل وضوح، لما كانت الحياة المبنية على الكربون موجودة، لو لم يوجد الكربون. لكن ماذا عن أشكال الحياة البديلة التي يحبها مؤلفو قصص الخيال العلمي؟ من جديد لا نستطيع أن نعرف فعلاً . فإذا ما اختلفت قوانين الفيزياء ولو بمقدار شعرة عن شكلها الفعلي، فقد تنشأ ممكنات جديدة للحياة لتحل محل إمكانية الحياة الضائعة كما نعرفها. مقابل ذلك، هناك النظرة العامة التي مفادها أن الآليات البيولوجية هي فعلاً أكثر دقة وصعوبة في عملها، ومن غير المحتمل أن تظهر من ترتيب فيزيائي اعتباطي. لكن حتى يكون لدينا فهم كافٍ لأصل الحياة، أو معرفة عن أشكال حياة بديلة في مكان ما آخر من الكون، يجب أن يبقى السؤال مفتوحاً.

عبقرية الطبيعة

لنعد مرة أخرى إلى مقولة آينشتاين الشهيرة «الله ذكي، لكنه ليس شريراً»، ففيها نلمس وجود دليل مراوغ آخر في نظام الطبيعة. لقد قصد آينشتاين أن لبلوغ فهم للطبيعة يتوجب على المرء أن يمارس مهارات رياضية كبيرة، وبصيرة فيزيائية، وعبقرية عقلية، لأن بالإمكان بلوغ ذلك الفهم للطبيعة. لقد ناقشت هذا الموضوع بلغة مختلفة لحد ما في الفصل السادس، حيث أوضحت أن العالم ـ كما يبدو ـ مبني بطريقة شرحها رياضياً ليس سهلاً على الإطلاق، لكنه مع ذلك ما يزال يقع ضمن قدرات المحاكمة العقلية البشرية.

لقد أشرت أكثر من مرة إلى أن من الصعب أن نوصل مفهوم الذكاء الرياضي للطبيعة إلى غير العارفين بالفيزياء الرياضية. إن موضوعات الفيزياء الذرية، ونظرية المجال، حيث نجد عدة فروع من الرياضيات المتقدمة مندمجة. وإذا ما صورت القضية في شكل فج: إنك تجد إن تطبيقاً مباشراً للرياضيات يأخذك بعيداً جداً، ومن ثم تغدو عالقاً. فإن درجة من عدم اتساق داخلي، أو أن النظرة تقدم نتائج تكون على خلاف مع العالم الواقعي بشكل يدعو إلى اليأس. عندئذ يأتي شخص ذكي ويكتشف لعبة رياضية، أي فتحة غامضة في النظرية، أو إعادة صياغة أنيقة للمشكلة الأصلية في لغة رياضية جديدة كلياً، وبشكل مفاجئ يسقط كل شيء في المكان! من المحال أن نقاوم الحافز بأن نعلن أن الطبيعة على الأقل ذكية مثل العالم في تحديد الحيلة واستغلالها. ففي أغلب الأحيان يسمع المرء عن فيزيائيين نظريين يتحدثون بطريقة عامة غير رسمية معلين من شأن نظريتهم الخاصة، بدعوى أنها ذكية، بارعة، وأنيقة، لدرجة يصعب علينا أن نتخيل أن الطبيعة لا تستفيد منها.

دعني أقدم مسودة موجزة لمثال واحد. في الفصل السابع ناقشت المحاولات

الحديثة لتوحيد قوى الطبيعة الأساسية الأربع. فلماذا على الطبيعة أن تعبئ أربع قوى مختلفة؟ أليس أكثر بساطة، وكفاءة، وأناقة أن تكون ثلاث قوى أو اثنتان، أو حتى قوة واحدة، على أن تكون أربع جوانب مختلفة؟ أم أن الأمر بدا كذلك للفيزيائيين المعنيين، فأخذوا يبحثون عن متشابهات بين القوى ليروا إذا كان بالإمكان القيام بأي دمج بينها. ففي ستينيات القرن العشرين، كانت هناك مرشحتان واعدتان: القوى الكهرطيسية، والقوة النووية الضعيفة. لقد عرف عن القوة الكهرطيسية أنها تعمل من خلال تبادل ذرات تدعى فوتونات. وهذه الفوتونات تنخطف إلى الوراء وإلى الأمام بين ذرات مشحونة كهربائياً ـ كالالكترونات ـ وتولد قوى عليها. فعندما تفرك بالوناً، وتلصقه إلى السقف، أو عندما تشعر بقوة شد ودفع المغانط، فإنك تشاهد بأم عينك هذه الشبكة من الفوتونات المضطربة بشكل غير مرئي وهي تقوم بعملها. بإمكانك أن تعتبر هذه الفوتونات مراسلين ـ بالأحرى ـ ينقلون الأنباء عن القوة بين ذرات المادة، التي يجب عليها أن تستجيب لها بعدئذ.

لقد اعتقد واضعو النظريات أن شيئاً مماثلاً كان يجري داخل النوى عندما تقوم القوة النووية الضعيفة بفعلها. لقد اخترعت ذرة افتراضية تعرف بـ W كي تلعب دور مراسل مماثل لدور الفوتون. لكن بينما كانت الفوتونات معروفة في المختبر، لم يقدر أحد أي W، وبالتالي كانت الرياضيات هي الموجه الرئيسي في هذه النظرية. كانت النظرية إعادة صياغة بطريقة أوضحت تشابهها الأساسي مع الكهرطيسية بشكل أكبر. الفكرة كانت: إذا كان لديك خطتين رياضيتين، وهما ـ بشكل أو بآخر ـ الشيء ذاته، فإن باستطاعتك أن تدمجهما سوياً لتشكل منهما خطة واحدة. فجزء من هذا التقليص كان يعني إدخال ذرة مراسل إضافية تعرف باسم Z التي تشبه الفوتون أكثر مما تشبه W. فحتى في هذا الإطار الرياضي المطوَّر الحديث، فإن الخطتان: الكهرطيسية ونظريات القوة الضعيفة ما تزالان تختلفان بطريقة رئيسية. فعلى الرغم من أن Z والفوتون يشتركان في خصائص كثيرة، إلا أن كتلتاهما كانتا يجب أن تكونا في طرفين متقابلين من الطيف. هذا لأن كتلة ذرة المراسل مرتبطة بطريقة بسيطة بمجال القوة: كلما زادت كتلة ذرة المراسل، كلما قصر مجال القوة المقابلة. أما الكهرطيسية فهي قوة ذات مجال غير محدد، وتتطلب ذرة مراسل كتلته مساوية للصفر، بينما القوة الضعيفة محدودة على مسافات دون ذرية، وتتطلب ذرات مراسل أن تكون كبيرة جداً يفوق وزنه وزن معظم الذرات.

دعني أقل بضعة كلمات حول انعدام كتلة الفوتون. إن كتلة ذرة ترتبط بعطالتها. فكلما صغرت الكتلة صغرت العطالة، وبالتالي كلما ازداد تسارعها عند ما يتم دفعها. وإذا كانت كتلة جسم قليلة جداً، فإن دافعاً محدداً سوف ينقل سرعة كبيرة جداً. وإذا تخيلنا ذرات كتلة أقل، فإن سرعتها ستكون أكبر فأكبر. وقد تظن أن ذرة كتلتها مساوية للصفر ستتحرك بسرعة لا نهائية، لكن الأمر ليس كذلك. إن نظرية النسبية تمنع الانتقال أسرع من الضوء، وبالتالي فإن ذرات كتلتها صفر تنتقل بسرعة الضوء. وبما أن الفوتونات ذرات الضوء، وبالتالي يصبح المثال واضحاً. فعن طريق المقارنة كان من المتوقع أن تكون كتلة ذرات W و Z نحو ٨٠ و ٩٠ ضعف كتلة البروتون (أثقل ذرة مستقرة معروفة).

المشكلة التي واجهتها النظريات في ستينات القرن العشرين كانت كيف تدمج الخطتان الرياضيتان بأناقة كي تصفا الكهرطيسية والقوى الضعيفة اللتان تختلفان كثيراً في أحد التفاصيل الهامة. لكن لم يلبث أن حدث الاختراق في عام ١٩٦٧. لقد وجد الفيزيائيان النظريان عبدوس سلامAbdus salam، وستفين وينبيرغWeinberg بعد أن بنيا على الإطار الرياضي الذي كان شيلدون غلاشو Glashow قد شيده قبل وقت مضى، فحدد طريقة للمضي قدماً. فالفكرة الرئيسية كانت: افترض أن الكتلة الكبيرة لكل من W و Z ليست خاصية أساسية، لكن شيئاً ما تفوق كنتيجة لتفاعل متبادل مع شيء آخر، أي: افترض أن هذه الذرات ليست مولودة ضخمة إذا أمكن القول، فإنها تكون تحمل عبء شخص آخر. فالفارق دقيق، لكنه حاسم. إنه يعني أن الكتلة منسوبة لا إلى قوانين الفيزياء الكامنة، بل إلى الحالة الخاصة التي توجد فيها كل من W و Z.

وإذا ما قدمنا تشبيهاً فقد يجعل النقطة أوضح: أوقف قلم رصاص على رأسه، وأمسكه عمودياً. ثم اتركه. فالقلم سوف يسقط ويستقر في اتجاه ما، لنقل أنه يشير إلى الشمال الشرقي. لكن اتجاه الشمال الشرقي ليس خاصية جاذبية مؤقتة. فجاذبية الأرض لها تأثير مقلوب مؤقت، لكن ليس اتجاه شمال ـ جنوب أو اتجاه شرق ـ غرب، أو أي اتجاه بينهما. فالجاذبية لا تقيم تمييزاً بين الاتجاهات الأفقية المختلفة. وبالتالي فإن الاتجاه الشمالي الشرقي لقلم الرصاص هو مجرد خاصية عرضية لوضع قلم الرصاص + الجاذبية التي تعكس الحالة الخاصة التي صادف أن كان القلم فيها.

أما في حالة W و Z فدور الجاذبية يلعبه مجال جديد افتراضي يدعى مجال هيغز ـ

باسم بيتر هيغز Higgs من جامعة إيدنبيرغ Edinburgh. يتفاعل مجال هيغز مع W و Z ويجعلهما «ينقلبان» بمعنى رمزي. فبدلاً من أن يلتقطا «الشمال الشرقي» يلتقطان كتلة، الكثير من الكتلة. فالطريق الآن مفتوح إلى توحيد مع القوى الكهرطيسية، لأن تحت W و Z اللاكتلة Massles (فعلياً)، مثل الفوتون. عندئذ يصبح بالإمكان دمج المخططات الرياضية لتعطي وصفاً موحداً لقوة كهربائية ضعيفة واحدة.

أما الباقي - فكما يقولون عادة - فهو تاريخ. في مطلع ثمانينات القرن العشرين، أنتجت المسرعات في المركز النووي الأوروبي (C.E.R.N) بالقرب من جينف ذرات W، ثم Z، وبذلك تم أثبات النظرية بنجاح. لقد شوهدت اثنتان من قوى الطبيعة جانبان لقوة واحدة في الواقع. والنقطة التي أود أن أبديها هي أن الطبيعة قد حددت بوضوح المخرج في الجدال: إنك لا تستطيع أن تضم ذرتين، واحدة لا كتلة لها وأخرى ذراتها ضخمة، سوياً. ولن يكون باستطاعتك أن تفعل ذلك إلا باستخدام آلية هيغز.

هناك ملحق لهذه القصة. فمجال هيغز الذي يقوم بالدور الهام جداً، له جزء مرتبط به يدعى بوسون boson هيغز. من المحتمل أنه هائل فعلاً، وهكذا يعني أنك تحتاج إلى طاقة كبيرة كي تولده. لم يكتشف أحد بوسون هيغز حتى الآن، لكنه يحتل المرتبة الأولى على قائمة الاكتشافات التي ينتظر أن تحدث. وسيكون إنتاجه أحد الأهداف الرئيسية للمسرعات الحديثة العملاقة التي جرى التخطيط لها من أجل تكساس سكربلاتد Scrubland في أواخر تسعينات القرن العشرين. وهذا المشروع يعرف باسم «الناقل الخارق والمتصادم الخارق Supercollider, Superconducting» (SSC). سيكون محيط هذه الآلة العملاقة نحو خمسين ميلاً، وسوف تسرع البروتونات والبروتونات المضادة إلى طاقة غير مسبوقة. وسوف تسمح الحزم الدوارة بشكل معاكس أن تتصادم مولدة موجات لتوليد بوسون هيغز. فالأمريكيون والأوروبيون في سباق، ويأمل الأوروبيون أن يتحقق هيغز في واحدة من الآلات في مركز البحث النووي الأوروبي. وليس بوسعنا التأكد مما إذا كانت الطبيعة تستخدم فعلاً آلية هيغز حتى يتم العثور على بينة. فلربما وجدت الطبيعة طريقة أكثر ذكاء. لذلك دعنا نترقب الفصل الأخير من المسرحية.

مكان لكل شيء، وكل شيء في مكانه

عندما يسأل العلماء عن مادة موضوعهم «لماذا تهتم الطبيعة بهذا؟» أو «ما الغاية من ذلك؟»، يبدو أنهم يعزون محاكمة ذكية إلى الطبيعة. فعلى الرغم من أنهم يريدون أن تكون أسئلة كهذه تنم عن طيبة قلب، إلا أنها تنطوي على محتوى خطير أيضاً. لقد بينت التجربة أن الطبيعة لا تشاركنا في إحساسنا بالاقتصاد، أو الكفاية، أو الجمال والدقة الرياضية، وقد تجني هذه المقاربة للبحث أرباحاً (كما هي الحال مع توحيد القوى الضعيفة والقوى الكهرطيسية). ويعتقد معظم الفيزيائيين أن تحت تعقيدات موضوعهم تكمن وحدة أنيقة وقوية جداً، وأن بالإمكان إحراز التقدم عن طريق الحيل الرياضية التي استغلتها الطبيعة كي تولد كوناً معقداً ومتنوعاً في شكل جميل من هذه البساطة الخفية.

فعلى سبيل المثال، هناك إحساس عام غير معبر عنه، لكن يحسه معظم الفيزيائيين بأن كل شيء موجود في الطبيعة، لابد أن له مكان أو دور كجزء من مخطط ما أكثر اتساعاً، وأن الطبيعة لا تنخرط في الاستهتار بإظهار كينونات مجانية، وأن الطبيعة ليست عشوائية. فعندما تم اكتشاف المونات Muon في عام ١٩٣٧ على يد الفيزيائي إزيدور رابي Rabi فقد دهش كثيراً. فتساءل متعجباً من رتب ذلك؟ فالمون هو جزئ مطابق ـ بشكل أو بآخر ـ للإلكترون من كل النواحي ما عدا الكتلة التي هي أكبر ب ٢٠٦,٨ ضعفاً. فالأخ الأكبر للإلكترون غير مستقر، ويتفكك بعد مايكرو ثانية، أو اثنتين، لذلك ليس سمة دائمة للمادة. مع ذلك، إنه يبدو أنه جزء أساسي في تكوينها وليس مركباً من أية أجزاء أخرى. كان رد فعل رابي Rabi نموذجياً: من أجل أي شيء هو المون؟ فلماذا تحتاج الطبيعة نوعاً آخر من الإلكترون، خاصة نوع يتفكك بسرعة كبيرة. كيف سيكون العالم مختلفاً لو لم يكن المون موجوداً؟ وهكذا فقد أصبحت المشكلة أكثر أهمية. هناك الآن أخوان كبيران. فالثاني يدعى تاون Tauon اكتشف عام

١٩٧٤. والأسوأ من ذلك، هناك أجزاء أخرى لها أخوة كبار عديمي الاستقرار جداً. إن ما تسمى كواركس quarks اللبنات المكونة للمادة النووية، مثل البروتونات والنيترونات، لكل منها نسختان أثقل منها أيضاً. هناك ثلاثة تنوعات من نيوترينو Neutrino. انطلقت الحالة منهجياً في الجدول رقم ١. ويبدو أن جميع الأجزاء المعروفة من المادة بالإمكان ترتيبها في ثلاثة أجيال. في الجيل الأول توجد الإلكترونات، والنيوترينو، والاثنان من كواركس «علوي up» و «سفلي down» التي تكون سوياً البروتونات والنيوترونات. فالأجزاء في هذا الجيل مستقرة أساساً، وتمضي لتشكل المادة العادية للكون الذي نراه.

الجدول ١

Quarks كواركس	Leptons ليبتونات	الجيل الأول
سفلي علوي	Electron إلكترون إلكترون نيوترينو Electron-Neutrion	
Strange غريب Charmed	Muon ميون ميون - نيوترينو Muon-Neutrino	الجيل الثاني
سفلي علوي	Tauon تاون Tauon-Neutrino تاون نيوترينو	الجيل الثالث

تتألف الأجزاء المعروفة للمادة من اثنتي عشر كينونة: ست منها تدعى ليبتونات، نسبياً خفيفة وتفاعلها ضعيف. الست الباقيات تدعى كواركس، وهي ثقيلة وتتفاعل بقوة وتشكل مادة النواة. بالإمكان ترتيب الأجزاء في ثلاثة أجيال ذات خواص متشابهة.

فذرات جسمك وذرات الشمس والنجوم مكونة من هذا الجيل الأول من هذه

الأجزاء. أما الجيل الثاني يبدو أنه مجرد نسخة عن الجيل الأول. فهنا يجد المرء الموناتMuons التي أذهلت رابي جداً. وهذه الأجزاء (عدا نيوتيرنو) هي غير مستقرة، وتتفكك سريعاً إلى أجزاء الجيل الأول. وبعد ذلك، ويا للعجب تفعلها الطبيعة ثانية، وتعطينا نسخة ثانية للنموذج في الجيل الثالث! فقد تتساءل عما إذا كانت هناك حاجة إلى هذه النسخة. فلربما هناك أجيال لا نهائية، والذي نشهده هو فعلاً نموذج ما مكرر بسيط. لكن معظم الفيزيائيين لا يوافقون على ذلك. ففي عام ١٩٨٩، الجزء الجديد المسرع في مركز الأبحاث النووي الأوروبي ويدعى LEP (أي حلقة موقع إلكتروني ضخمةLarge Electron Position Ring) قد تم استخدامه من أجل الفحص الدقيق لتحلل الجزء Z.Z يتحلل إلى نيوترينو، ويعتمد معدل التفكك على عدد أنواع نيوترينو المتوفرة في الطبيعة. وبالتالي، بالإمكان استخدام قياس دقيق للتفكك في استنتاج عدد نيوترينو. فكانت الإجابة أن هناك ثلاثة وهذا يعني أن هناك ثلاثة أجيال. وهكذا لدينا لغز: لماذا ثلاثة أجيال أو جيل واحد أو لا نهاية من الأجيال سيكون «طبيعياً»، لكن ثلاثة، يبدو معاكساً تماماً. «لغز الجيل» هذا كان المهماز الذي حرض الفيزيائيين على القيام بعمل نظري هام.

التقدم الأكثر إقناعاً في فيزياء الجزيء قد أتى من استخدام فرع من الرياضيات يعرف باسم «نظرية المجموعة group theory». وهذا الفرع مرتبط بشكل وثيق بموضوع التناسق، أحد المظاهر المفضلة للطبيعة. بالإمكان استخدام نظرية المجموعة لربط الأجزاء المميزة ظاهرياً في عائلات موحدة. فهناك ـ الآن ـ مبادئ رياضية محددة حول كيف بالإمكان أن تمثل وتدمج المجموعات، وكم تصف من كل نوع من الجزء. الأمل بأن يظهر وصف نظرية المجموعة، ويفرض نفسه بناء على أسباب أخرى، لكنه سيطالب بثلاثة أجيال من الجزيئات. وسيعد إسراف الطبيعة الظاهري عندئذ كنتيجة ضرورية تناسب عاملاً موحداً أكثر عمقاً.

فحتى يتم إيضاح التوحيد الأعمق،يبدو أن مشكلة الجيل تقدم نموذجاً مقابلاً للجدال بأن الطبيعة اقتصادية جداً، بدلاً من أن تكون عشوائية بشكل شرير. لكنني واثق جداً أن الطبيعة تشاركنا إحساسنا بالاقتصاد، وعلى استعداد لأن أراهن أن مشكلة الجيل سيتم حلها خلال العقد التالي أو نحو ذلك. وأن حلها سيقدم دليلاً أكثر سطوعاً على أن الطبيعة تلتزم فعلاً بالقانون «مكان لكل شيء، وكل شيء في مكانه».

هناك نتيجة هامة للعبة هذا الجيل، والتي تعزز فكرتي. فعندما كنت أؤلف هذا الكتاب لم يكن قد تم التعرف على الكواركس العلوي بعد بدقة. ففي عدة مناسبات كان يعلن اكتشافه، وبعد وقت قصير يعلن أنه لم يكتشف بعد. فقد تتساءل الآن لماذا يبدي الفيزيائيون ثقة تامة أن الكواركس العلوي موجود لدرجة أنهم على استعداد أن ينفقوا قسماً كبيراً من مواردهم النادرة في البحث عنه. افترض أنه غير موجود. هناك فجوة ـ فعلاً ـ في الجدول (الذي هو في نهاية المطاف من صنع البشر)، بحيث لا توجد ثلاثة أجيال على الإطلاق، بل هناك جيلان وثلاثة أرباع. حسناً إنك ستكون مدفوعاً بقوة كي تجد أحد الفيزيائيين الذي اعتقد أن الطبيعة معاكسة جداً. وعندما يكتشف الكوارك العلوي، فإنه سيقدم مثالاً آخر على أن الطبيعة تفعل الأشياء بشكل مرتب.

إن مشكلة الجيل هي فعلاً جزء من مخطط التوحيد الأكبر الذي أشرت إليه، والذي تتم دراسته مباشرة من قبل كثرة من المنظرين. ويكتب جون بولكينغ هورنPolking Horne ـ الذي كان فيزيائياً ثم تحول إلى الرهبنة ـ عن ثقة أن أمام الفيزيائيين هذه الخطوة التالية من برنامج التوحيد:

يعمل زملائي السابقون جاهدين في مسعى منهم لإنتاج نظرية جامعة للكل.... أقول أن جهودهم لها رائحة اختراع حقيقة حية ما، أو فكرة تبدو أنها ما تزال مفقودة. على أية حال، إنني لا أشك أن مع الزمن سوف يتم إنجاز فهم أعمق، ونموذج أكثر عمقاً سيتم إدراكه في أساس الوجود الفيزيائي(١٢).

فكما ذكرت، إن ما يسمى نظرية السلسلة الخارقةSuperstring هي الموضة الراهنة، لكن شيئاً آخر سوف يأتي قريباً، دون شك. فعلى الرغم من وجود صعوبات في الأمام، فإنني أتفق مع بولينغ هورن. إذ لا يمكنني أن أعتقد أن هذه المشكلات عصية على الحل، وأن فيزياء الجزيئات لا يمكن أن توحّد. فجميع المؤشرات تجبر المرء أن يفترض أن هناك وحدة بدلاً من العشوائية تحت الكون كله.

كملاحظة أخيرة على مسألة «الحاجة» إلى جميع الأجزاء، إنها لفكرة غريبة أن الموناتMuons مع أنها غائبة من المادة العادية، إلا أنها تلعب دوراً هاماً في الطبيعة، في نهاية المطاف. ومعظم الأشعة الكونية التي تصل إلى سطح الأرض هي في الحقيقة مونات. وهذه الأشعة تشكل جزءاً من الخلفية الطبيعية للإشعاع، وتساهم بالتحولات

الوراثية التي تحرك التغير التطوري. فعلى مدى محدود ـ على الأقل ـ يستطيع المرء أن يجد استخداماً للمونات في البيولوجيا. وهذا يقدم مثالاً آخر على التدخل الموفق بين الكبير والصغير الذي ذكرته سابقاً في هذا الفصل.

هل هناك حاجة إلى مُصممٍّ

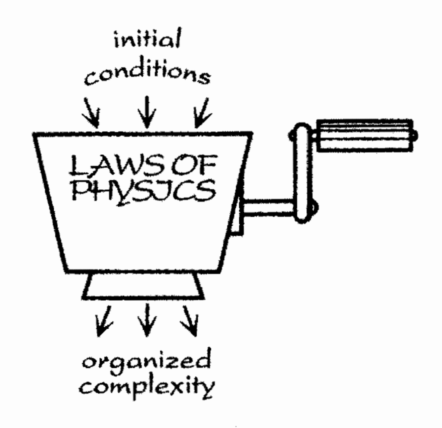
يحدوني أمل أن تكون المناقشة السابقة قد أقنعت القارئ بأن العالم الطبيعي ليس مجرد توليفة قديمة لكيانات وقوى، بل مخطط رياضي موحد وعبقري. إن كلمات مثل «عبقري» و «ذكي» تعكس سمات بشرية بكل تأكيد، مع أن المرء لا يستطيع تجنب نسبتها إلى الطبيعة أيضاً. فهل هذا مجرد مثال آخر على إسقاط مجالاتنا الفكرية الخاصة على الطبيعة، أم أنه يمثل سمة جوهرية حقيقية للعالم؟

لقد قطعنا مسافة طويلة عن ساعة بالي Paley. فلنعد من جديد إلى التشبيه الذي أفضله: عالم فيزياء الجزيء أشبه بكلمات متقاطعة مما يشبه آلة الساعة. فكل اكتشاف جديد هو دليل يجد حله في رابطة رياضية ما جديدة. وبينما تتزايد الاكتشافات كذلك يتم ملأ المزيد المزيد من الروابط المتقاطعة، ويبدأ المرء يرى أن نموذجاً يظهر. ففي الوقت الحاضر هناك فراغات خالية عديدة في لوحة الكلمات المتقاطعة، لكن بالإمكان أن نلمح شيئاً من دقتها واتساقها. فالكلمات المتقاطعة، أو فيزياء الجزيء تأتي جاهزة الصنع، وليست على شاكلة الآليات التي تستطيع أن تنشأ ببطء وتتطور إلى أشكال منتظمة، أو معقدة مع الزمن. فالروابط لا تتطور، بل موجودة هناك فقط في القوانين الكامنة. يجب علينا إما أن نقبلها كحقائق مجردة مذهلة حقاً، أو أن نبحث عن تفسير لها أكثر عمقاً.

فوفقاً للتراث المسيحي، هذا التفسير الأعمق هو أن الله صمم الطبيعة بقدر كبير من العبقرية والمهارة، وأن مشروع الفيزياء الجزيئية يكشف جزءاً من هذا التصميم. فإذا كان المرء يقبل ذلك، فإن السؤال التالي هو: من أجل أي هدف أنتج الله هذا التصميم؟ في البحث عن إجابة، فإننا بحاجة لأن نضع في اعتبارنا «المصادفات المتزامنة» الواردة سابقا بما يتعلق بمبدأ الأنتروبي، وبمتطلبات العضويات الحيوية. «التناغم الجميل» بين

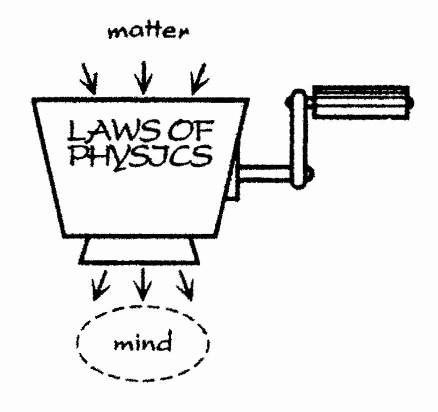
قوانين الطبيعة ضروري إذا كان لابد أن تتطور الحياة الواعية في الكون، وهذا يحمل المعنى الواضح أن الله صمم الكون لكي يسمح للحياة والوعي أن يظهرا. إنه يعني أن وجودنا في الكون شكل جزءاً مركزياً من خطة الله. لكن هل يعني التصميم بالضرورة وجود مصمم؟ لقد جادل جون ليزلي إنه لا يعني ذلك بالضرورة. ينبغي أن نتذكر أن في نظريته للخلق، يوجد الكون كنتيجة «لمطلب أخلاقي» كما يقول. «عالم موجود كنتيجة لحاجة أخلاقية لأن يكون الشيء ذاته، غني بدليل ظاهري على وجود لمسة مصمم، سواء إذا اعتمدت الحاجة من أجل تأثيره على أفعال إبداعية موجهة من قبل ذكاء متسامح أم لا»(١٣). باختصار سيبدو كون جيد مصمماً لنا، حتى لو لم يكن كذلك.

في كتابي/المخطط الكوني/ كتبت أن الكون يبدو وكأنه ينكشف وفقاً لخطة أو مخطط ما. فالفكرة موضحة ـ جزئياً ـ بأسلوب منهجي في الشكل ١٢، حيث دور المخطط (أو برنامج حاسوب كوني، إن تفضل ذلك) تلعبه قوانين الفيزياء، وممثل بآلة النقانقSausage. المدخلات هي الشروط البدئية الكونية، والمخرجات هي تعقيد منتظم، أو عمق. تنوع آخر نراه في الشكل ١٣. حيث المدخل هو المادة والمخرج هو العقل. والسمة الأساسية هي أن شيئاً من الجدوى ينبثق كنتيجة المعالجة وفقاً لمجموعة قواعد عبقرية موجودة مسبقاً. هذه القواعد تبدو وكأنها نتاج تصميم ذكي. إنني لا أرى كيف بالإمكان إنكار ذلك، سواء كنت تود أن تعتقد أنها فعلاً قد صممت على هذه الشاكلة، وإذا كان الأمر كذلك فأي نوع من الوجود صممها، فهذا يجب أن يبقى مسألة ميل شخصي. فأنا شخصياً أفترض أن الصفات كالعبقرية، والاقتصاد والجمال وما شابه لها وجود متسام حقيقي، إنها ليست مجرد نتاج التجربة البشرية، وأن هذه الصفات تنعكس في بنية العالم الطبيعي.



الشكل ١٢

تمثيل رمزي للتطور الكوني. يبدأ الكون في حالة بدئية دون سمات وبسيطة نسبياً، وهذه الحالة «تعالج» بعدئذ عن طريق القوانين الثابتة في الفيزياء لتوحيد حالة مخرجة غنية في تعقيد منظم.



الشكل ١٣

تطور المادة من البساطة إلى التعقيد يمثله الشكل ١٢، ويتضمن إنتاج العضويات الواعية من المادة البدئية التي لا حياة فيها.

وجودات متعددة

ما من شك أن التحدي الأكثر خطورة المتعلق بجدال التصميم يأتي من الفرضية البديلة القائلة بوجود أكوان عديدة، أو وجودات متعددة. لقد قدمت هذه النظرية في الفصل السابع من خلال علاقة الجدال الكوسمولوجي بوجود الله. فالفكرة الرئيسية هي أن الكون الذي نراه هو فقط كون واحد من بين مجموعة أكوان عديدة، وقد قدمت كهجوم على جدال التصميم. تقترح هذه النظرية أن جميع الشروط الفيزيائية الممثلة في مكان ما وسط المجموعة، والسبب الذي يكمن وراء أن كوننا يبدو مصمماً هو أن الحياة (وبالتالي الوعي) قادرة أن تظهر فيه. من هنا لا يفاجئنا أن نجد أنفسنا في كون ملائم تماماً للشروط البيولوجية، لأنه قد اختير بعناية فائقة.

أولاً، ينبغي علينا أن نسأل عن الدليل على وجود هذه العوالم الأخرى. فالفيلسوف جورج غيل Gale جمع قائمة لنظريات فيزيائية عديدة تناقش ـ بشكل أو بآخر ـ وجود عدة أكوان(١٤). والنظرية التي يتكرر مضمون نقاشها لأكوان عديدة تحتوي على تفسير لميكانيك الكوانتم. لنرى كيف يؤدي عدم اليقينية إلى إمكانية وجود أكثر من عالم واحد. تأمل المثال البسيط الآتي: حالة إلكترون واحد منغمساً في حقل مغناطيسي. فالإلكترون يمتلك مغزلاً جوهرياً يمنحه «لحظة مغناطيسية». بالتالي سيكون هناك طاقة تفاعل متبادلة بين مغناطيسية الإلكترون مع الحقل المغناطيسي الخارجي، وستعتمد هذه الطاقة على الزاوية الحاصلة بين اتجاه الحقل المفروض واتجاه المجال المغناطيسي للإلكترون. فإذا ما تم تحديد المجالين فإن الطاقة ستكون منخفضة، وإذا كانا متعاكسين فإن الطاقة ستكون عالية، وفي حالة الزوايا المتوسطة، فإن الطاقة سوف تتراوح بين هاتين القيمتين العالية والمنخفضة. يمكننا أن نقيس توجه الإلكترون من خلال قياس هذه الطاقة للتفاعل المتبادل مغناطيسياً. إن ما نجده، وما هو أساسي لمبادئ

ميكانيك الكوانتم هو أن قيمتين من الطاقة ملحوظتان، مقابلتان للحظة المغناطيسية للإلكترون، وتشير إما على طول المجال المغناطيسي أو معاكسة له.

تظهر حالة هامة ـ الآن ـ إذا بدأنا ـ عن عمد ـ تهيئة الحقل المغناطيسي للإلكترون كي يكون عمودياً على ذلك الحقل المفترض. إننا نقنع أنفسنا أن الإلكترون يشير لا إلى أعلى أو أسفل المجال، بل عبره. يوصف هذا الترتيب رياضياً بتمثيل الإلكترون في حالة تكون وضعاً خارقاًSuper position للاحتمالين الاثنين. أي أن الحالة هي هجين من واقعين متداخلين: الفتل إلى أعلى، والفتل إلى أسفل. فإن يجري قياس للطاقة، ستكون النتيجة دائماً إما إلى أعلى أو إلى أسفل، وليس ثمة خليط غامض من الاثنين. لكن عدم اليقينية الملازمة لميكانيك الكوانتم تمنع معرفتنا المسبقة أي من هذين الاحتمالين سوف يسود فعلاً. إن مبادئ ميكانيك الكوانتم تسمح لنا بتحديد احتمالات نسبية. ففي المثال الذي ناقشناه هناك احتمالات متساوية لكل من الأعلى والأسفل. بعدئذ، ووفقاً لنسخة أولية من نظرية أكوان عديدة، ـ عندما يجري القياس ـ يتصدع الكون إلى نسختين، إحداهما الفتل فيها إلى أعلى، والأخرى الفتل فيها إلى أسفل.

تظهر نسخة أكثر تشذيباً أن هناك دائماً كونين معنيين. لكن قبل التجربة فهما متطابقان في جميع النواحي. فتأثير التجربة هو أن تحدث الفرق بينهما من حيث اتجاه فتل الإلكترون. وفي حال أن الإمكانيتين غير متساويتين، يستطيع المرء أن يتخيل أن هناك عوالم متطابقة عديدة بشكل متناسب مع الاحتمالية النسبية. فعلى سبيل المثال إذا كان الاحتمال ٢\٣ إلى أعلى،١\٣ إلى أسفل، يستطيع المرء أن يتخيل مبدئياً ثلاث أكوان متطابقة، اثنان منهما متطابقان وفتلهما إلى أعلى، والآخر مميز نفسه من خلال الفتل إلى أسفل. بشكل عام، سيحتاج المرء إلى عدد لانهائي من الأكوان كي يغطي جميع الاحتمالات.

تخيل ـ الآن ـ توسيع هذه الفكرة من إلكترون واحد إلى جزء كوانتم في الكون. ففي أرجاء الكون، عدم اليقينيات الملازمة التي تواجه بعضها، وكل جزء كوانتم، تحسم باستمرار من خلال اختلاف الواقع في أكوان موجودة بشكل أكثر استقلالية حتى. فهذه الصورة تعني أن كل شيء قد يحدث، وسوف يحدث. أي أن كل مجموعة ظروف ممكنة فيزيائياً (مع أن ليس كل شيء منطقي ممكن) سوف تظهر في مكان ما

وسط هذه المجموعة من الأكوان اللامتناهية. ويجب اعتبار الأكوان المتنوعة بمعنى ما «وجودات متوازية»، أو أنها توجد إلى جانب بعضها. وأي مراقب سيرى واحداً منها فقط، لكن ينبغي أن نفترض أن الحالات الواعية للمراقب ستكون جزءاً من عملية التمييز، بحيث أن كلاً من العوالم البديلة العديدة سيحمل نسخاً لعقول المراقبين. هذا الانقسام Splitting الذهني، وعدم قدرتك على اكتشافه هو جزء من النظرية، كل نسخة منا تشعر أنها فريدة وكاملة. مع ذلك هناك نسخ كثيرة عن أنفسنا في الوجود. قد تبدو هذه النظرية شاذة، لكنها تحظى بدعم عدد كبير من الفيزيائيين والفلاسفة أيضاً. مزاياها الملزمة لأولئك المشتغلين بكوسمولوجيا الكوانتم، حيث تفسيرات بديلة لميكانيك الكوانتم تبدو أقل أقناعاً. ينبغي القول أن النظرية ليست دون منتقدين لها، ويتحدى بعضهم - من أمثال روجر بينروس - أننا لن نلحظ الانقسام.

هذه ليست الفرضية الوحيدة لوجود لمجموعة عوالم. وهناك فرضية أخرى، أكثر سهولة علينا أن نتصورها، هي أن ما نسميه «الكون» قد يكون مجرد بقعة صغيرة من نظام ممتد في الفضاء أكبر بكثير. فلو أن باستطاعتنا أن ننظر خلف عشرة بلايين من السنين الضوئية، أو نحو ذلك، التي بمتناول آلاتنا، لكنا نرى (حسب ما تقول النظرية) مناطق أخرى من الكون شديدة الاختلاف عن كوننا. إذ ليس هناك حد لعدد العوالم المختلفة التي قد تشملها هذه النظرية، لأن الكون قد يكون كبيراً بشكل لا نهائي. لنتكلم بدقة، فإذا عرفنا الكون على أنه هو كل شيء فيه، إذن هناك مناطق كثيرة بدلاً من نظرية أكوان عديدة، لكن ليس للفارق علاقة بأهدافنا.

المسألة التي يجب أن نعالجها الآن هي إذا ما كان بالإمكان اعتبار الدليل على وجود التصميم كبينة على وجود أكوان عديدة. من بعض النواحي، الجواب هو نعم دون شك. فعلى سبيل المثال التنظيم الفضائي للكون على نطاق كبير أمر مهم من أجل الحياة. فلو كان الكون غير منتظم تماماً، فقد ينتج ثقوباً سوداء، أو غازاً مضطرباً بدلاً من مجرات جيدة الترتيب، تحتوي كواكب ونجوماً ثابتة تشجع على الحياة. فإن تتخيل تنوعاً لا حدود له من العوالم، المادة فيها موزعة عشوائياً، فإن الفوضى سوف تسود. لكن واحة من الترتيب ستظهر هنا وهناك، وبمحض المصادفة، سامحة للحياة أن تتشكل. تكيف لسيناريو تسطيحي، لكون تضخمي وفق هذه الشروط قد اقترحه ودرسه الفيزيائي السوفيتي أندريه ليندي Linde. فعلى الرغم من أن الواحات الراكدة

ستكون نادرة تقريباً، فليس مستغرباً أن نجد أنفسنا نسكن إحداها، لأن ليس بوسعنا العيش في مكان آخر. وفي نهاية المطاف لا نفاجأ أن نجد أنفسنا متموضعين نموذجياً على سطح كوكب، عندما يكون التناسب الكلي للكون يتكون من فضاء يكاد يكون فارغاً. ولذلك لا حاجة أن يعزى الترتيب الكوني إلى حسن تدبير الأشياء، بل بالأحرى إلى نتيجة لاصطفاء حتمي مرتبط بوجودنا الخاص بنا.

بالإمكان توسيع هذا النوع من التفسير ليشمل بعض «المصادفات المتزامنة» في الفيزياء الجزيئية. لقد ناقشت كيف يتم استحضار آلية هيغز لشرح الطريقة التي يحوز فيها الجزئيين W و Z على كتلتيهما. ففي بعض نظريات توحيدية أكثر تفصيلاً، تم إدخال مجالات هيغز أخرى لتولّد كتلاً لجميع الأجزاء. ولتحديد أيضاً مقاييس أخرى للنظرية المتعلقة بقوى القوة. فكما في تشبيه قلم الرصاص الذي استخدمته سابقاً، قد يقع النظام في واحدة من تنوع حالات كاملة (شمال ـ شرق، جنوب ـ شرق، جنوب غرب الخ) كذلك في ميكانيزمات هيغز المعقدة قد يقع النظام الجزئي في حالات مختلفة. لكن ما هي الحالات المتبناة، فذلك سيعتمد على تذبذبات الكوانتم، أي على عدم اليقينية الملازمة المبنية داخل ميكانيك الكوانتم. في نظرية أكوان عديدة يجب أن يفترض أن كل خيار ممكن هو في مكان ما، وكون تام ممثل له. بالمقابل، قد تحدث خيارات مختلفة في مناطق مختلفة من الفضاء. وفي كلتا الحالتين، سوف تقدم مجموعة نظم كوسمولوجية الكتل والقوى فيها تتخذ قيماً مختلفة. وعندئذ سيكون ممكناً أن نجادل أن حيث تلك المقادير التي تعتبر «مصادفة متزامنة» قيماً عرضية مطلوبة من أجل الحياة، وأن الحياة سوف تتشكل.

على الرغم من قوة نظرية أكوان عديدة، لتواجه ما يعتبره العلماء حقائق خاصة هامة حول الطبيعة، إلا أن النظرية تواجه عدداً من اعتراضات خطيرة. لقد ناقشت أول هذه الاعتراضات في الفصل السابع، والذي يتلاشى في وجه مقص أوكامOccam razor، وذلك بإدخال تعقيد لا نهائي لتفسير انتظامات كون واحد فقط. أجد هذه المقاربة «غدارة بندقيةBlunderbass» لشرح خصوصية كوننا عرضة للمسألة من الناحية العلمية. وهناك أيضاً المشكلة الواضحة بأن النظرية تستطيع أن تشرح فقط تلك النواحي من الطبيعة المتعلقة بوجود حياة واعية، ولولا ذلك، لا وجود لآلية اصطفاء. العديد من الأمثلة التي قدمتها عن التصميم مثل عبقرية ووحدة الفيزياء الجزيئية

لها علاقة قليلة بالبيولوجيا. ينبغي أن نذكر أنه ليس كافياً ـ بالنسبة للملمح المعني أن يكون متعلقاً بالطبيعة بكل بساطة ـ بل يجب أن يكون حاسماً بالنسبة لانتشاره الفعلي.

وهناك نقطة أخرى، علقت غالباً عليها هي أن في جميع نظريات تعدد الأكوان التي تستمد من الفيزياء الواقعية، فإن قوانين الفيزياء هي نفسها في جميع العوالم. اصطفاء الأكوان المعروفة مقيد بتلك التي هي ممكنة فيزيائياً، كنقيض لتلك العوالم المتخيلة. سيكون هناكِ العديد من الأكوان التي هي ممكنة منطقياً، لكنها تناقض قوانين الفيزياء. ففي مثال الإلكترون الذي بوسعه أن يكون لديه فتل أما إلى أعلى أو إلى أسفل، وكلا العالمين يحتويان إلكتروناً له الشحنة الكهربائية نفسها، ويمتثل لنفس القوانين الكهرطيسية.... الخ. فعلى الرغم من أن نظريات أكوان عديدة قد تقدم اختياراً لحالات من العالم بديلة، فإنها لا تستطيع أن تقدم خيارات لقوانين. صحيح أن الفرق بين ملامح الطبيعة التي ندين بوجودها إلى قانون كامن حقيقي، وتلك التي بالإمكان عزوها إلى اختيارها له، إلا أنها ليست دائماً واضحة. فكما رأينا، بعض الثوابت القياسية مثل بعض كتل الجزيئات، التي كانت في الماضي محددة في النظرية كجزء من قوانين مفترضة في الفيزياء، تنسب الآن إلى حالات بواسطة آلية هيغز. لكن هذه الآلية تستطيع أن تعمل فقط في نظرية لها مجموعتها الخاصة بها من القوانين، وهذه سوف تحتوي ملامح أكثر بحاجة إلى شرح. زد على ذلك، بالرغم من أن تذبذبات الكوانتم قد تجعل آلية هيغز تعمل بشكل مختلف في أكوان مختلفة، إلا أنها لن تكون واضحة في النظريات، لأنها قد صيغت في الوقت الحاضر؛ أن جميع القيم الممكنة لكتل الجزيء، وقوة القوى الخ بالإمكان الحصول عليها. آلية هيغز وما يسمى رسائل اختراق التناسق المماثلة قد تحدث ـ على الأرجح مجموعة بدائل لا نهائية ـ منفصلة.

إنه ليس بالإمكان ـ كما اقترح بعض الفيزيائيين ـ أن نتصدى لحالة التزام الطبيعة بالقوانين بهذه الطريقة، أفلن يكون ممكناً أن نوسع فكرة أكوان عديدة بحيث تشمل قوانين مختلفة أيضاً؟ ليس هناك اعتراض منطقي على هذا، على الرغم من عدم وجود مسوغ علمي له أيضاً. لكن افتراض أن شخصاً يتبنى فكرة وجود وجودات بديلة شاسعة، ليس لها فكرة عن قانون، أو نظام أو انتظام، فهذه غائبة تماماً، فهنا تحكم الفوضى كلياً. وسيكون سلوك هذه العوالم عشوائياً تماماً. وستكون حالة مشابه لحالة قرد جالس إلى آلة كاتبة محاولاً كتابة مؤلفات شكسبير. ففي مكان ما وسط الكومة

الهائلة من الوجودات، ستكون عوالم مستقرة جزئياً، بمحض المصادفة فقط. وسيقودنا التفسير الأنتروبي بعدئذ إلى استنتاج أن أي مراقب يدرك عالماً مستقراً، منفر عقلياً أمر نادراً، مع أن عالماً كهذا قد يكون متعلقاً بمنافسيه الفوضويين. فهل هذا مماثل لعالمنا؟

اعتقد أن الإجابة بكل وضوح، كلا. دعني أكرر أن نقاشات الأنتروبي تعمل فقط من أجل جوانب من الطبيعة التي هي هامة للحياة. فإذا كان هناك انعدام تام للقانون، عندئذ العدد الكاسح للعوالم المسكونة المختارة عشوائياً ستكون مستقرة فقط بأشكال أساسية من أجل الحفاظ على الحياة. فعلى سبيل المثال ليس هناك سبب لماذا تحتاج شحنة الإلكترون لأن تبقى ثابتة تماماً، أو لماذا يجب أن تمتلك إلكترونات مختلفة نفس الشحنة الكهربائية. تذبذبات طفيفة في قيمة الشحنة الكهربائية لن تكون مهددة للحياة. لكن ما الذي يبقي القيمة ثابتة بدرجة من الدقة مدهشة، إذا لم يكن أحد قوانين الفيزياء؟ يستطيع المرء أن يتخيل، مجموعة أكوان مع مجموعة قوانين مختارة، بحيث أن كل كون يأتي مع مجموعة من القوانين التامة والثابتة. عندئذ، باستطاعتنا أن نستخدم التفسير الأنتروبي لشرح لماذا ـ على الأقل ـ بعض القوانين التي نراها هي كما هي عليه. لكن ما يزال على هذه النظرية أن تفترض مسبقاً مفهوم القانون، ويستطيع المرء أن يسأل من أين تأتي تلك القوانين، وكيف تربط نفسها بالأكوان بطريقة «أبدية»؟.

الاستنتاج الذي توصلت إليه هو أن نظرية أكوان عديدة ـ وفي أفضل حالاتها ـ تستطيع أن تفسر فقط مجالاً محدداً من الملامح، وعندئذ فقط يضيف المرء بضع افتراضات ميتافيزيائية، والتي تبدو ليست أقل إسرافاً من التصميم. في النهاية يجبرني مقص أوكام أن أنفق مالي على التصميم، لكن كما هي الأمور دائماً في مسألة ما وراء الطبيعة، القرار هو مسألة ذوق أكثر مما هو حكم علمي. يجدر أن ننوه إلى أن الاعتقاد بوجود مجموعة أكوان، وبوجود الله المصمم اعتقاد متسق لا تناقض فيه. إن نظريات مجموعة أكوان مقبولة ما تزال بحاجة إلى مقدار من الشرح مثل ماذا سيكون القانون في الأكوان، ولماذا هناك مجموعة عوالم في المقام الأول. يجب أيضاً أن أذكر أن المناقشات التي تبدأ بملاحظات كون واحد فقط وتمضي قدماً لتقدم استنتاجات حول عدم احتمالية هذه القيمة أو تلك، وتثير قضايا عميقة تتعلق بطبيعة نظرية الاحتمالات، فإن هذه النظرية قد نالت اهتماماً جيداً في تناول جون ليزلي لها. لكن يزعم بعض الشارحين لها أن محاولات للجدال باتجاه الخلف «بعد الحدث»، والحدث في هذه الحالة هو وجودنا، هي محاولات خاطئة.

داروينية كوسمولوجية

لقد اقترح لي سمولين Smoline تعديلاً هاماً لنظرية أكوان عديدة، يتجنب فيه بعض الاعتراضات على مخططات أكوان عديدة.وذلك من خلال إدخال ربط غريب بين احتياجات العضويات الحية مع تعددية أكوان عديدة. ففي الفصل الثاني شرحت كيف أن تحريات الكوسمولوجيا الكوانتم تقترح أن «أكواناً وليدة» قد تظهر تلقائياً كنتيجة لتذبذبات كوانتية، وأن بإمكان المرء أن يتخيل «كوناً أماً» يعطي ظهوراً لنسل بهذه الطريقة. فتشكل ثقب أسود هو أحد الظروف التي قد تولد فيها أكوان جديدة. فوفقاً لإحدى نظريات الجاذبية الكلاسيكية (ما قبل كمومية Pre-quantum)، يخبئ ثقب أسود انفرادية بالإمكان اعتبارها كطرف من المكان ـ الزمان. ففي نظرية الكونتم الانفرادية قد تم تشويهها بطريقة ما، إننا لا نعرف كيف، لكن يستبدل الحد الفصل للمكان ـ الزمان بنوع من نفق أو بلعوم، أو حبل سري يربط كوننا بكون وليد جديد. فكما شرحت مسبقاً في الفصل الثاني، التأثيرات الكوانتية ستجعل الثقب الأسود يتبخر في النهاية، وموجداً الحبل السري، ومرسلاً الكون الوليد في مهمة مستقلة.

التشذيب الذي أدخله سمولين على هذا الافتراض هو أن الشروط المتطرفة التي تقترب من الانفرادية سيكون لها تأثير إحداث تباينات عشوائية صغيرة في قوانين الفيزياء. خاصة في قيم بعض ثوابت الطبيعة، مثل كتل الجزيء، والشحنات الكهربائية الخ. التي قد تكون مختلفة قليلاً في الكون الوليد عما كانت عليه في الكون الأم. فالكون الوليد قد يتطور بعدئذ بشكل مختلف قليلاً. وبعد مضي أجيال كافية سوف تحدث تباينات واسعة تماماً مثل نجومنا (تذكر أن شروط تشكل النجوم هي بالأحرى شروط خاصة). فبما أن الثقوب السوداء من المحتمل أن تتشكل من نجوم ميتة، فأكوان كهذه تنتج ثقوباً سوداء كثيرة، وبالتالي لن تلد أكواناً وليدة عديدة. بالمقارنة، تلك

الأكوان التي لها ثوابت فيزيائية مناسبة تماماً، ستشكل أيضاً ثقوباً سوداء كثيرة، وبالتالي أكواناً وليدة عديدة ذات قيم مماثلة لهذه الثوابت. هذا الفرق في قابلية الإخصاب الكوني يعمل كنوع من تأثير الاصطفاء الدارويني. فعلى الرغم من أن الأكوان لا تتنافس، إلا أن هناك أكواناً «ناجحة» وأخرى «أقل نجاحاً» بحيث أن نسبة الأكوان الناجحة ـ في هذه الحالة ـ تصنع نجوماً كفؤه، من حيث التعداد الاجمالي للسكان، سيكون تعداد النجوم بالأحرى كبيراً. يتابع سمولين ليوضح أن وجود النجوم هو أيضاً مطلب أساسي من أجل تشكل الحياة. إن الشروط ذاتها التي تشجع الحياة، تشجع أيضاً على ولادة أكوان واهبة للحياة. في مخطط سمولين، الحياة ليست ندرة شديدة، كما هي في نظريات أكوان عديدة أخرى. بدلاً من ذلك، معظم الأكوان قابلة لأن تكون مأهولة.

على الرغم من توجه نظرية سمولين، إلا أنها لا تحرز أي تقدم في شرح خصوصية الكون. فالرابطة بين الاصطفاء البيولوجي والكوسمولوجي هي ملمح جذاب، لكن مازلنا نتساءل لماذا أن قوانين الطبيعة هي كذلك حتى يحدث هذا الرابط. إنه من دواعي الحظ أن تماثل متطلبات الحياة المتطلبات في الأكوان الوليدة. زد على ذلك مازلنا نطلب نفس البنية الأساسية للقوانين في جميع الأكوان لكي تكون النظرية ذات معنى. وبما أن هذه البنية الأساسية تسمح أيضاً بتشكل الحياة، فإنها تبقى حقيقة هامة.

الفصل التاسع

السر عند نهاية الكون

إن لمن الغريب حقاً أن في الوقت الذي يطالب فيه معظم العلماء بتجنب الدين ـ كما ظننت ـ لكنه في حقيقة الأمر يهيمن على أفكارهم أكثر مما يهيمن على أفكار رجال الدين.

فريد هويل *Hoyle*

جوهر هذا الكتاب هو تتبع منطق العقلانية العلمية إلى أقصى مدى تمضي إليه في البحث عن الإجابات النهائية على سر الوجود. فقد يكون هناك تفسير تام لكل شيء بحيث أن كل الوجود الفيزيائي ميتافيزيائي سوف يشكل نظام تفسير مغلق، هذه الفكرة معذبة. لكن ما الثقة التي لدينا إذا علمنا أن هدف هذا البحث ليس مجرد وهم؟

سلطة سلحفاة

في كتابه الشهير/تاريخ موجز للزمن/ يبدأ ستيفن هاوكينغ بسرد قصة حول امرأة تقاطع محاضرة حول الكون لتعلن أنها تعرف أفضل مما جاء في المحاضرة. إنها تعلن أن العالم هو فعلاً صفيحة منبسطة على ظهر سلحفاة عملاقة. وعندما سألها المحاضر: على ماذا تستقر السلحفاة؟ أجابت أن السلحفاة في كل مكان.

تجسد هذه القصة المشكلة الأساسية التي تواجه جميع من يبحثون عن إجابات نهائية لسر الوجود الفيزيائي. إننا نحب أن نفسر العالم من خلال شيء ما أكثر أساسية، وربما مجموعة من الأسباب التي هي بدورها مبنية على بعض القوانين أو المبادئ

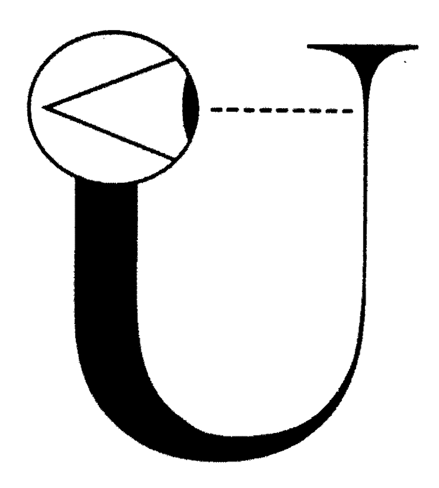
الفيزيائية. لكننا ـ بعدئذ ـ نسعى إلى تفسير ما لهذا المستوى الأكثر عمقاً أيضاً وهلم جرا. فأين تنتهي سلسلة التفسير هذه؟

من الصعب جداً أن نقتنع بانتكاسة لا نهاية لها. يقول جون ويلر Wheeler «لا برج من السلاحف. لا بنيان، ولا خطة لتنظيم، ولا إطار من الأفكار يكمن تحته بنية أخرى، أو مستوى من الأفكار يكمن تحته مستوى آخر، ومن ثم إلى ما لا نهاية.... إلى أسفل، إلى ظلمة لا قرار لها»(١).

فما هو البديل؟ هل هناك «سلحفاة خارقة» تستقر عند قاعدة البرج، وهي دون دعامة لها؟ وهل تستطيع هذه السلحفاة الخارقة، بطريقة ما «أن تدعم نفسها؟». اعتقاد كهذا له تاريخ طويل. لقد رأينا كيف جادل الفيلسوف اسبينوزا أنه لم يكن في وسع العالم أن يكون على غير ما هو عليه، وأن الله لم يكن لديه خيار. فكون اسبينوزا تدعمه سلحفاة خارقة من الضرورة المنطقية المحضة. فحتى الذين يعتقدون بجواز العالم يتوجهون ـ في أغلب الأحيان ـ إلى هذا التعليل ذاته، أي أن العالم قد شرحه الله، وأن الله هو ضروري منطقياً. في الفصل السابع راجعت المشكلات التي ترافق هذه المحاولات لتفسير الجواز من خلال الضرورة. المشكلات ليست أقل قسوة لمن يلغون الله، ويجادلون لمصلحة نظرية كل شيء، التي تفسر الكون، وسوف تكون أيضاً فريدة بناء على ضرورة منطقية.

قد يبدو أن البدائل الوحيدة هي برج لا نهائي من السلاحف، أو وجود سلحفاة خارقة مطلقة ultimate، فالتفسير الذي نسعى إليه يكمن ضمن ذاته. بيد أن هناك إمكانية ثالثة: «هناك حلقة مغلقة. هناك كتاب هام يدعى/دوائر جيبية واللانهاية/. يتناول صورة حلقة من الناس (بدلاً من السلاحف) يجلس كل منها في حجر الشخص الذي خلفه، وبالتالي يدعمون الشخص الذي في المقدمة»(٢). تجسد هذه الحلقة المغلقة ذات الدعم المتبادل تصور الكون عند جون ويلر. «الفيزياء تؤدي إلى نشوء التشاركية مع المراقب، وهذه بدورها تؤدي إلى نشوء المعلومات، والمعلومات تؤدي إلى نشوء الفيزياء»(٣). هذه القضية الخفية ـ بالأحرى ـ متجذرة في أفكار فيزياء الكوانتم، حيث المراقب والعالم المراقب مرتبطان بقوة: وهذا ما تعنيه «التشاركية مع المراقب». تفسير ويلر لميكانيك الكوانتم هو أن من خلال أعمال الملاحظة الحقيقية الفيزيائية للعالم فقط

تصبح الملاحظة مفعلة، هذا العالم الفيزيائي ذاته يولد المراقبين المسؤولين عن جعل وجوده ملموساً. زد على ذلك، إن جعل وجود العالم ملموساً يتسع حتى إلى قوانين الفيزياء ذاتها، لأن ويلر يرفض تماماً مفهوم قوانين أبدية: قوانين الفيزياء لا يمكن أن توجد من أزلي إلى أزلي. لابد أنها أتت إلى الوجود عند الانفجار الكبير»(٤). لذلك، بدلاً من التوجه إلى قوانين أزلية متعالية تجلب الكون إلى الوجود، يفضل ويلر صورة «الدارة المحرضة ذاتياً» التي فيها الكون الفيزيائي يربط نفسهBootstraps في الوجود، القوانين وكل شيء. التجسيد الخاص بويلر لكون الحلقة التشاركية المغلقة يوضحه في الشكل ١٤.



شكل ١٤

تمثيل رمزي «للكون التشاركي» لويلر. حرف U الكبير يرمز إلى الكون، والعين ترمز إلى المراقبين الذين يظهرون في مرحلة ما، وينظرون إلى الخلف إلى المصدر.

فمع أن تلك الأنظمة الدائرية قد تكون أنيقة، إلا أنها عاجزة حتماً عن تقديم تفسير تام للأشياء، لأن باستطاعة المرء أن يسأل «لماذا تلك الحلقة؟» أو حتى «لماذا توجد أية حلقة؟». وحتى حلقة مغلقة من السلاحف تدعم بعضها تبادلياً تستدعي السؤال «لماذا السلاحف؟».

النقاشات الثلاثة الواردة أعلاه مؤسسة على افتراض العقلانية البشرية: أنه لأمر مشروع أن نبحث عن «تفسيرات» للأشياء، وأننا نفهم الشيء فعلاً عندما يتم تفسيره فقط. مع ذلك ينبغي أن نعترف أن مفهومنا للتفسير العقلاني ربما هو مستمد من ملاحظاتنا عن العالم ومن تطورنا الوراثي. فهل من الواضح أن هذا يقدم دليلاً كافياً عندما نتناول مسألة مطلقة؟ أليس ممكنا أن تكون القضية هي أن سبب الوجود ليس له تفسير بالمعنى العادي؟ فهذا لا يعني أن الكون عبثي أولا معنى له، بل يعني فقط أن فهم وجوده وخصائصه يقع خارج مجالات الفكر البشري العقلاني العادية. لقد رأينا أن تطبيق التعليل البشري في معناه الأكثر تشذيباً وشكلية على الرياضيات ـ مع ذلك ـ مليء بالمفارقات وعدم اليقينية. فنظرية غوديل Godel تحذرنا أن الطريقة البديهية للقيام باستنتاجات منطقية من أية فرضيات معطاة لا يمكنها أن تقدم نظاماً، تكون البرهنة عليه تامة ومستقلة. سيكون هناك دائماً حقيقة تقع وراء تلك التي لا يمكن الوصول إليها من مجموعة بديهيات محدودة. إن البحث عن خطة منطقية مغلقة تقدم تفسيراً متسقاً ذاتياً وتاماً لكل شيء محكوم عليه بالفشل. إنه مثل العدد القبالي لـ Chaitin: شيء كهذا قد يوجد «خارجاً، هناك» بشكل مجرد، وجوده قد يكون معروفاً لنا، وقد نقترب من أن نعرف شذرات منه، لكننا لا نستطيع أن نعرف شكله الكلي على قاعدة فكر عقلاني.

يبدو لي أنه طالما أننا نصر على تعريف «الفهم» ب «تفسير عقلاني» من النوع المعروف في العلم، فإننا سوف ننتهي حتماً بمشكلة السلحفاة: إما انتكاسة لا نهائية، أو سلحفاة خارقة غامضة تشرح نفسها، أو حلقة غير مشروحة من السلاحف. سيكون هناك دائماً سر عند نهاية الكون. قد يكون هناك أشكال أخرى من الفهم التي ترضي ذهن السائل أو المستفسر. فهل نستطيع أن نجعل من الكون معنى دون مشكلة السلحفاة؟ وهل هناك سبيل إلى المعرفة ـ حتى إلى معرفة نهائية ـ تقع خارج نطاق البحث العلمي العقلاني والتعليل المنطقي؟ يزعم أناس كثيرون أن هناك طريقاً:إنه طريق الصوفية.

المعرفة الصوفية

يكن معظم العلماء عدم ثقة عميقة تجاه الصوفية، وهذا لا يفاجئنا لأن فكر التصوف يقع على الطريق المقابل للفكر العقلاني الذي هو الأساس للفكر العلمي. ويميل المتصوفون إلى الشعور بالإرباك من الغيب، وما هو ما وراء العادي، والمعتقدات الظاهرية الأخرى. لقد شجع العديد ـ من أفضل مفكري العلم من بينهم علماء بارزون: آينشتاين، وباولي Pauli، وشيرودنجر Chrodiner، وهايز ينبيرغ، وإدنغتون Eddington، وجينز ـ التصوف ورعوه. لكن شعوري الخاص هو أن الطريقة العلمية يجب أن تمضي إلى أقصى ما تستطيعه. فالصوفية ليست بديلاً عن البحث العلمي والتعليل المنطقي، طالما أن بالإمكان تطبيق هذه المقاربة بشكل متسق. لكن عند التعامل مع مسألة مطلقة، نجد أن العلم يخيب أملنا. إنني لا أقول أن من المرجح أن يقدم العلم والمنطق إجابات خاطئة، لكنهما لا يكونان غير قادرين على معالجة قضايا من النوع الذي يسأل «لماذا»، النقيضة لمسائل تبدأ بـ «كيف»، نريد أن نستفسر عنها.

غالباً ما يستخدم المتدينون مصطلح «التجربة الصوفية»، ويستخدمه كذلك من يمارسون التأمل. فهذه التجارب التي هي دون شك حقيقية بما يكفي لمن يمارسها، يقال عنها أن من الصعب نقلها في كلمات. إذ يتحدث المتصوفون عن إحساس غامر عند اتحادهم مع الكون أو مع الله، وعن لمحهم لرؤية مقدسة للواقع، أو عندما يكونون في حضرة تأثير قادر ومحب. لكن ما هو أكثر أهمية هو زعم المتصوفين أن باستطاعتهم أن يفهموا الحقيقة المطلقة في تجربة واحدة، وهذا نقيض للسلسلة الاستنتاجية المعذبة للطريقة العلمية المنطقية في البحث العلمي. ففي بعض الأحيان، يبدو أن السبيل الصوفي يشمل أكثر من مجرد إحساس داخلي بالسكينة «هدوء بهيج رحيم يكمن خلف نشاط العقول المنشغلة»، كما وصفه أحد الزملاء الفيزيائيين لي. وتحدث آينشتاين

عن «شعور ديني كوني» ألهم تأملاته في نظام وانسجام الطبيعة. ويعتقد بعض العلماء ـ من أبرزهم الفيزيائيان بريان جوزيفسون Josephson، وديفيد بوم Bohm ـ أن الرؤى الغامضة المنتظمة التي يتم التوصل إليها من خلال ممارسات تأملية هادئة بإمكانها أن تكون موجهاً مفيداً في صياغة نظريات علمية.

وفي حالات أخرى، تبدو التجارب الصوفية أنها أكثر مباشرة وإيحائية. يكتب ستنارد راسل عن تأثير مواجهة قوة عليا قوية من نوع ما: «إن لها طبيعة تفرض الاحترام والرهبة... هناك إحساس بالإلحاح فيها، القدرة بركانية، موارة، جاهزة لأن تنطلق من عقالها»(٥). ويصف الكاتب العلمي ديفيد بيت Peat «إحساساً بالتركيز كبير لدرجة أنه يبدو وكأنه يغمر العالم من حولنا بالمعنى... نشعر أننا نلامس شيئاً كونياً وربما أبدياً، لدرجة أن تلك اللحظة المحددة في الزمن تستولي على شخصية روحية، وتبدو أنها تتسع في الزمن دون حدود. نحس أن جميع الحدود بين ذواتنا والعالم الخارجي تتلاشى، لأن ما نمر به يقع خلف جميع المجالات، وجميع المحاولات لفهمه في إطار فكر منطقي»(٦).

فاللغة المستخدمة في وصف هذه التجارب عادة ما تعكس ثقافة الفرد المعني بهذه التجربة. فالمتصوفون الغربيون يميلون إلى التأكيد على الطابع الشخصي للحضور، وغالباً ما يصفون أنفسهم أنهم في حضرة شخص ما ـ عادة الله ـ المختلف عن ذواتهم، لكنهم يشعرون معه برابطة عميقة. هناك تراث طويل من هذه التجارب الدينية في الكنيسة المسيحية، وفي أديان غربية أخرى. ويشدد المتصوفون الشرقيون على كلية الوجود، ويميلون إلى تعريف أنفسهم بدقة أكثر بالحضرة. فالكاتب كين فيبر Wiber يصف التجربة الصوفية الشرقية بلغة غريبة مميزة: «في الوعي الصوفي تفهم الحقيقة مباشرة، المعنى دون تأمل، ويصبح أي تفصيل رمزي أو أي تصور مفهومي، أو أية تجريدات، فالموضوع والمحمول يصبحان واحداً في فعل لا زماني ولا مكاني يقع خارج جميع أشكال التأمل». يتحدث المتصوفون عن احتكاكهم بالحقيقة في «هويتها Its isness وجوهرها، وفي آخريتها Its thatness، وفي مماثلتها Its suchness، دونما وسطاء، خلف الكلمات والرموز والأسماء، والأفكار والصور»(٧).»

جوهر التجربة الصوفية إذن هو نوع من اقتراب إلى الحقيقة، اقتراب مباشر، واحتكاك بالحقيقة المطلقة دون وسيط. ووفقاً لرودي راكر Rucker: المبدأ المركزي في الصوفية هو: «الحقيقة واحدة، وممارسة الصوفية تتكون من إيجاد سبل لمعرفة هذه

الوحدة بطريقة مباشرة. فالواحد قد أسمي «الخير»، الله، الكون، العقل، الخلاء Void، أو المطلق. فلا باب في قلعة متاهة العلم يفتح مباشرة على المطلق. لكن إن يفهم المرء المتاهة جيداً بما فيه الكفاية، فإن من الممكن له أن يقفز خارج نظام وتجربة المنطلق من أجل ذات المرء... لكن المعرفة الصوفية ـ في النهاية ـ إما أن تنال فجأة، أو لا تنال إطلاقاً. ليس هناك من سبيل تدريجي»(٨). ففي الفصل السادس ذكرت أن بعض العلماء والرياضيين يزعمون أنهم تلقوا ـ بشكل مفاجئ ـ إلهاماً مماثلاً لما يحدث في تجارب صوفية مماثلة. فروجر بينروس يصف الإلهامات الرياضية على أنها مثل «اختراق» إلى داخل عالم أفلاطوني. ويذكر راكر أن كورت غوديل تحدث أيضاً عن «العلاقة الأخرى بالحقيقة» التي استطاع من خلالها أن يفهم موضوعات رياضية، كالا نهاية. وكان غوديل نفسه قادراً ـ على ما يبدو ـ أن ينجز هذا من خلال تبني ممارسات تأملية، كإغلاق جميع الحواس الأخرى، والاستلقاء في مكان هادئ. فتجربة الإلهام ـ بالنسبة لعلماء آخرين ـ تحدث تلقائياً، في صخب الحياة اليومية. ويروي فريد هويل حادثة كهذه وقعت له بينما كان يقود سيارته في شمال انجلترا: «بالأحرى كما حدث الوحي لبولص وهو في الطريق إلى دمشق، كذلك نزل علي وحي على الطريق المؤدي إلى باوز مور Bowes Moor». كان هويل ومعاونه جايانت نارلاكار Narllkar يعملان على نظرية كوسمولوجية للكهرطيسية التي كانت تحتوي على رياضيات معقدة جداً، في أواخر ستينات القرن العشرين. وبينما كانا يعملان جاهدين على تكامل معقد، قرر هويل أن يأخذ إجازة من كامبريدج لينضم إلى بعض زملائه الذين كانوا يتنزهون في المرتفعات الاسكوتلندية: بينما كنت أطوي الأميال، أدرت مسألة ميكانيك الكوانتم في ذهني، كنت أدون أشياء على ورقة، وبعدئذ أعبث بالمعادلات والتفاضلات بأفضل صورة أستطيعها. لكن في مكان ما في باوزمور، انجلى فهمي للرياضيات ليس قليلاً، وليس كثيراً حتى، وكأن نوراً ساطعاً هائلاً قد أشعل فجأة. فكم استغرق الأمر كي أصبح مقتنعاً تماماً أن المسألة قد حلت؟ أقل من خمس ثوانٍ. بقي الأمر في ذكرى قابلة للاسترجاع، وهذه دلالة على درجة اليقين التي شعرت أن في الأيام اللاحقة لم أتجشم عناء كتابة أي شيء على الورق. وبعد أن عدت إلى كامبريدج بعد عشرة أيام تالية، وجدت أن بإمكاني أن أكتب الحل دون صعوبة(٩).

ويروي هويل أيضاً محادثة حول موضوع الوحي مع ريتشار فينمان Feynman:

«قبل بضع سنوات كان لدي وصف بياني من ديك فينمان عما تشبه لحظة الإلهام، وأنها يتلوها إحساس هائل بالغبطة، يدوم يومين أو ثلاثة. سألت فريد كم كان ذلك يتكرر، فأجاب يتكرر مرات، واتفقنا أن احساساً بالغبطة لمدة اثنتي عشر يوماً لم يكن مكافأة كبيرة على عمل يستغرق الحياة كلها»(١٠). لقد رويت تجربة هويل هنا بدلاً من روايتها في الفصل السادس لأنه يصف شخصياً أنها كانت حدثاً دينياً حقاً «أكثر مما كان حدثاً أفلاطونياً». يعتقد هويل أن تنظيم الكون يتحكم به «ذكاء خارق يوجه تطوره عبر سيرورات كوانتية، وهذه فكرة جئت على ذكرها في الفصل السابع. زد على ذلك: فبالنسبة لهويل الله هو إله تليولوجي Teleological، ويشبه لحد ما إله أرسطو أو إله Teilhard de chardin تيلها رد دوشاردين، موجهاً العالم نحو حالة نهائية في المستقبل اللانهائي. يعتقد هويل أن من خلال العمل على مستوى الكوانتم يستطيع هذا الذكاء الخارق أن يجلب أفكاراً من المستقبل، مصنعة جاهزة، إلى داخل الدماغ البشري. هذا هو مصدر للإلهام الرياضي والموسيقي.

اللانهاية

في بحثنا عن إجابات نهائية من الصعب جداً أن نكون منجذبين ـ بطريقة أو بأخرى ـ إلى اللانهاية، سواء كان برجاً لا نهائياً من السلاحف، أو لا نهائية عوالم متوازية، أو مجموعة لا نهائية من قضايا رياضية، أو خالق لانهائي، فالوجود الفيزيائي لا يمكن أن يكون متجذراً في أي شيء له نهاية. فالأديان الغربية لها تاريخ طويل في تعريف الله باللانهائي، بينما تسعى الفلسفة الشرقية، لإزالة الفوارق بين الوحدة والكثرة، وأن تعرف الخلاء Void واللانهائي، والصفر واللانهاية.

عندما أعلن المفكرون المسيحيون الأوائل كأفلوطين أن الله لانهائي، فإنهم كانوا مهتمين ـ أساساً ـ بإيضاح أنه ليس محدداً بأي شكل من الأشكال. فالمفهوم الرياضي للانهاية كان غامضاً تماماً في ذلك الوقت. وكانوا يعتقدون ـ عموماً ـ أن اللانهاية هي حد عنده ينتهي التعداد، لكن غير ممكن بلوغه في الواقع. فحتى الإكويني الذي أقر بلانهائية طبيعة الله، كان مستعداً لقبول أن تلك اللانهاية كانت تمتلك أكثر من مجرد طاقة كامنة، وهذا مناقض لمفهوم وجود حقيقي. الله كلي القدرة «لا يستطيع أن يخلق شيئاً غير محدود بشكل مطلق» كما قال الإكويني.

استمر الاعتقاد بأن اللانهاية كانت نقائضية Paradoxicall، ومتناقضة ذاتياً حتى القرن الثامن عشر. فأثناء بحث عالم الرياضيات جورج كانتور Cantor في مسائل المثلثات، نجح أخيراً في تقديم تفسير منطقي قوي للاتساق الذاتي للانهاية. تعرض كانتور إلى هجوم زملائه الرياضيين، واستبعده بعض الرياضيين المرموقين على أنه رجل مجنون. إنه كان يعاني فعلاً من مرض عقلي. لكن في نهاية المطاف، قد تم قبول قواعد التلاعب المتسق للأعداد اللانهائية، مع أنها غالباً غريبة ومناقضة لما هو حدسي. إن معظم الرياضيات في القرن العشرين قائم على مفهوم اللانهاية (أو المتناهي في الصغر).

فإذا كان بالإمكان فهم اللانهائية والتلاعب بها باستخدام الفكر العقلاني، فهل هذا يفتح الطريق إلى فهم التفسير النهائي للأشياء، دون الحاجة إلى الصوفية؟ كلا إنها لن تفعل ذلك؟ لنرى لماذا، يجب أن نلقي نظرة على مفهوم اللانهاية بدقة أكثر.

إحدى المفاجآت في عمل كانتور هو أنه لا توجد لانهاية واحدة فقط، بل هناك لانهايات كثيرة. فعلى سبيل المثال، مجموعة من جميع الأعداد الصحيحة، ومجموعة جميع الكسور هي مجموعات لانهائية. ويشعر المرء حدسياً أن هناك كسوراً أكثر من الأعداد الصحيحة، لكن هذا ليس هو الحال. فمن ناحية ثانية مجموع جميع أرقام الكسور العشرية هو أكبر من مجموع جميع الكسور أو الأعداد الصحيحة. يستطيع المرء أن يسأل: هل هناك لا نهاية هي الأكبر؟ حسناً. ما رأيك بدمج جميع مجموعات اللانهايات في مجموعة واحدة منSuper duperst؟ هذا النوع من جميع المجموعات الممكنة قد سمي مطلق كانتور. هناك عائق وحيد. فهذا الكيان ليس مجموعة بحد ذاته، سيكون يشمل نفسه من خلال التعريف. لكن مجموعات المرجعية الذاتية توجه صفعة إلى قلب مفارقة راسل Russel.

فهنا، نواجه من جديد الحدود التي تحدث عنها غوديل للفكر العقلاني: السر عند نهاية الكون. لا نستطيع أن نعرف مطلق كانتور، أو أي مطلق آخر، بوسائل عقلية، لأن أي مطلق، بما أنه وحدة Unity، وبالتالي تام بذاته، فلابد أن يشمل ذاته. وكما يشير راكر Rucker في علاقة الفضاء العقلي Mindscape: «إذا كان الفضاء العقلي هو واحد one، إذن إنه عضو بذاته، وبالتالي بالإمكان معرفته فقط من خلال ومض رؤيا صوفية. ما من فكر عقلي عضو بذاته، لذلك ما من فكر عقلي يستطيع أن يربط الفضاء العقلي في واحد One»(١١).

ما هو الإنسان؟

إنني لا أشعر أنني غريب في هذا الكون

فريمن دايسون Dyson

هل القبول الصريح لفقدان الأمل ـ الذي ناقشناه في القسم السابق ـ يعني أن كل المحاكمة الميتافيزيقية بلا قيمة؟ وهل يجب علينا أن نتبنى طريقة الملحد البراغماتي الذي يأخذ الكون كما هو معطى، ونستمر في تعداد خصائصه؟ ما من شك أن علماء كثيرون هم معارضون ـ بطبعهم ـ لأي شكل من أشكال الميتافيزيقا، ناهيك عن النقاشات الصوفية. إنهم يسخرون من فكرة أنه قد يكون هناك إله، أو حتى مبدأ أخلاقي غير شخصي، أو سبب لوجود سوف يدعم الواقع ويقدم جوانبه الجائزة بعشوائية مطلقة. فأنا ـ شخصياً ـ لا أشاركهم سخريتهم. فعلى الرغم من أن نظريات ميتافيزيقية وإلحادية عديدة تبدو أنها مفبركة أو طفولية، إلا أنها بكل وضوح ليست أكثر سخفاً من الاعتقاد أن الكون يوجد، في الشكل الذي هو عليه، دونما وجود سبب لوجوده. فالمحاولة كي نصوغ نظرية ميتافيزيقية تقلل بعضاً من عشوائية العالم، هي محاولة يجدر القيام بها، كما يبدو. لكن تفسيراً عقلانياً للعالم ـ في نهاية المطاف ـ أي بمعنى نظام تام ومغلق قوامه حقائق منطقية يكاد يكون محالاً بكل تأكيد، إننا ممنوعين من بلوغ معرفة نهائية، وعن تفسير نهائي، من خلال نفس قواعد التعليل التي تحرضنا كي نبحث عن تفسير كهذا، في المقام الأول. فإذا كنا نريد أن نعطي أكثر، علينا أن نحتضن مفهوماً مختلفاً للفهم Understanding عن ذلك الفهم للتفسير العقلاني. فمن الممكن أن يكون السبيل الصوفي سبيلاً إلى فهم كهذا. فأنا شخصياً، لم أمر بأية تجربة صوفية، لكنني أبقي ذهني مفتوحاً على قيمة تجارب كهذه. فلربما تقدم هذه

التجارب السبيل الوحيد خارج الحدود التي يستطيع العلم والفلسفة أن يأخذانا إليها: السبيل الوحيد الممكن إلى المطلق.

الموضوع المركزي الذي اكتشفته في هذا الكتاب هو أننا نحن البشر قادرون ـ من خلال العلم ـ أن نفهم على الأقل بعضاً من أسرار الطبيعة. لقد فككنا شيفرة الكون. فلماذا الإنسان العاقل فقط ينبغي أن يحمل مشعل العقلانية الذي يقدم المفتاح إلى الكون، هذه أحجية عويصة. نحن أطفال الكون ـ غبار نجم تم نفخ الحياة فيه، نستطيع ـ مع ذلك ـ أن نفكر في طبيعة ذلك الكون ذاته، وأن نرى لحد ما المبادئ التي يسير عليها. فكيف غدونا مرتبطين داخل هذا البعد الكوني، فهذا سر عظيم، مع أن الرابطة لا يمكن إنكارها.

فما الذي يعنيه هذا؟ ما هو الإنسان؟ الذي، ربما نكون فريقاً لامتياز كهذا؟ لا أستطيع أن أصدق أن وجودنا في هذا الكون هو مجرد مغالطة قدرية، أو مصادفة تاريخية، أو مجرد إشارة عَرَضية في المسرحية الكونية الكبيرة. محنتنا حميمة جداً. الأنواع الفيزيائية العاقلة قد تكون دون أهمية، لكن وجود العقل في عضوية ما على كوكب ما في الكون هو بالتأكيد حقيقة ذات مغزى عميق. من خلال الكائنات الواعية قد وَلَّد الكون وعياً ـ ذاتياً. هذا لا يمكن أن يكون مجرد تفصيل سخيف، ولا منتجاً ثانوياً قليل الأهمية لقوى لا عقل ولا غاية لها. لقد أُريدَ لنا حقاً أن نكون هنا.

الهوامش

Chapter 1: Reason and Belief

1. "The Rediscovery of Time" by Ilya Prigogine, in *Science and Complexity* (ed. Sara Nash, Science Reviews Ltd, London, 1985), p. 23.
2. *God and Timelessness* by Nelson Pike (Routledge & Kegan Paul, London, 1970), p. 3.
3. *Trinity and Temporality* by John O'Donnell (Oxford University Press, Oxford, 1983), p. 46.

Chapter 2: Can the Universe Create Itself?

1. "The History of Science and the Idea of an Oscillating Universe" by Stanley Jaki, in *Cosmology, History and Theology* (eds. W. Yourgrau & A. D. Breck, Plenum, New York and London, 1977), p. 239.
2. *Confessions* by Augustine, book 12, ch. 7.
3. *Against Heresies* by Iranaeus, book III, X, 3.
4. "Making Sense of God's Time" by Russell Stannard, *The Times* (London), 22 August 1987.
5. *A Brief History of Time* by Stephen W. Hawking (Bantam, London and New York, 1988), p. 136.
6. Ibid., p. 141.
7. "Creation as a Quantum Process" by Chris Isham, in *Physics, Philosophy and Theology: A Common Quest for Understanding* (eds. Robert John Russell, William R. Stoeger, and George V. Coyne, Vatican Observatory, Vatican City State, 1988), p. 405.

8. "Beyond the Limitations of the Big Bang Theory: Cosmology and Theological Reflection" by Wim Drees, *Bulletin of the Center for Theology and the Natural Sciences* (Berkeley) 8, No. 1 (1988).

CHAPTER 3: What Are the Laws of Nature?

1. *Theories of Everything: The Quest for Ultimate Explanations* by John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 6.
2. Ibid., p. 58.
3. "Discourse on metaphysics" by G. W. Leibniz, in *Philosophical Writings* (ed. G. H. R. Parkinson, Dent, London, 1984).
4. *Theories of Everything* by Barrow, p. 295.
5. *The Grand Titration: Science and Society in East and West* by Joseph Needham (Allen & Unwin, London, 1969).
6. *Theories of Everything* by Barrow, p. 35.
7. *The Cosmic Code* by Heinz Pagels (Bantam, New York, 1983), p. 156.
8. "Plato's Timaeus and Contemporary Cosmology: A Critical Analysis" by F. Walter Mayerstein, in *Foundations of Big Bang Cosmology* (ed. F. W. Mayerstein, World Scientific, Singapore, 1989), p. 193.
9. Reprinted in *Einstein: A Centenary Volume* (ed. A. P. French, Heinemann, London, 1979), p. 271.
10. "Rationality and Irrationality in Science: From Plato to Chaitin" by F. Walter Mayerstein, University of Barcelona report, 1989.
11. *Cosmic Code* by Pagels, p. 157.
12. "Excess Baggage" by James Hartle, in *Particle Physics and the Universe: Essays in Honour of Gell-Mann* (ed. J. Schwarz, Cambridge University Press, Cambridge, 1991), in the press.
13. "Singularities and Time-Asymmetry" by Roger Penrose, in *General Relativity: An Einstein Centenary Survey* (eds. S. W. Hawking and W. Israel, Cambridge University Press, Cambridge, 1979), p. 631.
14. "Excess Baggage" by Hartle, in *Particle Physics and the Universe* (in the press).

CHAPTER 4: Mathematics and Reality

1. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, A. Motte's translation, revised by Florian Capori (University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1962), vol. 1, p. 6.
2. "Review of *Alan Turing: The Enigma*," reprinted in *Metamagical Themas* by Douglas Hofstadter (Basic Books, New York, 1985), p. 485.
3. "Quantum Theory, the Church-Turing Principle and the Universal Quan-

tum Computer" by David Deutsch, *Proceedings of the Royal Society London A* 400 (1985), p. 97.
4. "The Unreasonable Effectiveness of Mathematics" by R. W. Hamming, *American Mathematics Monthly* 87 (1980), p. 81.
5. *The Recursive Universe* by William Poundstone (Oxford University Press, Oxford, 1985).
6. "Artificial Life: A Conversation with Chris Langton and Doyne Farmer," *Edge* (ed. John Brockman, New York), September 1990, p. 5.
7. *Recursive Universe* by Poundstone, p. 226.
8. Quoted in *Recursive Universe* by Poundstone.

Chapter 5: Real Worlds and Virtual Worlds

1. "Computer Software in Science and Mathematics" by Stephen Wolfram, *Scientific American* 251 (September 1984), p. 151.
2. "Undecidability and Intractability in Theoretical Physics" by Stephen Wolfram, *Physical Review Letters* 54 (1985), p. 735.
3. "Computer Software" by Wolfram, p. 140.
4. "Physics and Computation" by Tommaso Toffoli, *International Journal of Theoretical Physics* 21 (1982), p. 165.
5. "Simulating Physics with Computers" by Richard Feynman, *International Journal of Theoretical Physics* 21 (1982), p. 469.
6. "The Omega Point as *Eschaton:* Answers to Pannenberg's Questions for Scientists" by Frank Tipler, *Zygon* 24 (1989), pp. 241–42.
7. *The Anthropic Cosmological Principle* by John D. Barrow and Frank J. Tipler (Oxford University Press, Oxford, 1986), p. 155.
8. "On Random and Hard-to-Describe Numbers" by Charles Bennett, IBM report 32272, reprinted in "Mathematical Games" by Martin Gardner, *Scientific American* 241 (November 1979), p. 31.
9. Ibid., pp. 30–1.
10. *Theories of Everything: The Quest for Ultimate Explanations* by John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 11.
11. "Dissipation, Information, Computational Complexity and the Definition of Organization" by Charles Bennett, in *Emerging Syntheses in Science* (ed. D. Pines, Addison-Wesley, Boston, 1987), p. 297.

Chapter 6: The Mathematical Secret

1. "The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences" by Eugene Wigner, *Communications in Pure and Applied Mathematics* 13 (1960), p. 1.

2. *Mathematics and Science* (ed. Ronald E. Mickens, World Scientific Press, Singapore, 1990).
3. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics* by Roger Penrose (Oxford University Press, Oxford, 1989), p. 111.
4. Ibid., p. 95.
5. Ibid.
6. Martin Gardner, foreword to ibid., p. vi.
7. Ibid., p. 97.
8. *Infinity and the Mind* by Rudy Rucker (Birkhauser, Boston, 1982), p. 36.
9. *Emperor's New Mind* by Penrose, p. 428.
10. *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* by Jacques Hadamard (Princeton University Press, Princeton, 1949), p. 13.
11. Quoted in ibid., p. 12.
12. *Emperor's New Mind* by Penrose, p. 420.
13. Quoted in *Mathematics* by M. Kline (Oxford University Press, Oxford, 1980), p. 338.
14. Quoted in *Superstrings: A Theory of Everything?* by P. C. W. Davies and J. R. Brown (Cambridge University Press, Cambridge, 1988), pp. 207–8.
15. "Computation and Physics: Wheeler's Meaning Circuit?" by Rolf Landauer, *Foundations of Physics* 16 (1986), p. 551.
16. *Theories of Everything: The Quest for Ultimate Explanation* by John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 172.
17. *Emperor's New Mind* by Penrose, p. 430.

CHAPTER 7: Why Is the World the Way It Is?

1. For the full quotation and a discussion of this point see *The World Within the World* by John D. Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1990), p. 349.
2. Message of His Holiness Pope John Paul II, in *Physics, Philosophy and Theology: A Common Quest for Understanding* (eds. Robert John Russell, William R. Stoeger, and George V. Coyne, Vatican Observatory, Vatican City State, 1988), p. M1.
3. "No Faith in the Grand Theory" by Russell Stannard, *The Times* (London), 13 November 1989.
4. *Theories of Everything: The Quest for Ultimate Explanation* by John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 210.
5. *Divine and Contingent Order* by Thomas Torrance (Oxford University Press, Oxford, 1981), p. 36.
6. *A Brief History of Time* by Stephen W. Hawking (Bantam, London and New York, 1988), p. 174.
7. "Excess Baggage" by James Hartle, in *Particle Physics and the Universe: Essays*

in Honour of Gell-Mann (ed. J. Schwarz, Cambridge University Press, Cambridge, 1991), in the press.
8. "Ways of Relating Science and Theology" by Ian Barbour, in *Physics, Philosophy and Theology* (eds. Russell et al.), p. 34.
9. *Brief History* by Hawking, p. 174.
10. *Divine and Contingent Order* by Torrance, pp. 21, 26.
11. *Science and Value* by John Leslie (Basil Blackwell, Oxford, 1989), p. 1.
12. *The World Within the World* by Barrow, p. 292.
13. Ibid., p. 349.
14. *Theories of Everything* by Barrow, p. 2.
15. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics* by Roger Penrose (Oxford University Press, Oxford, 1989), p. 421.
16. *Rational Theology and the Creativity of God* by Keith Ward (Pilgrim Press, New York, 1982), p. 73.
17. Ibid., p. 3.
18. Ibid., pp. 216–17.
19. *The Reality of God* by Schubert M. Ogden (SCM Press, London, 1967), p. 17.
20. "On Wheeler's Notion of 'Law Without Law' in Physics" by David Deutsch, in *Between Quantum and Cosmos: Studies and Essays in Honor of John Archibald Wheeler* (ed. Alwyn Van der Merwe et al., Princeton University Press, Princeton, 1988), p. 588.
21. *Theories of Everything* by Barrow, p. 203.
22. *Rational Theology* by Ward, p. 25.
23. "Argument from the Fine-Tuning of the Universe" by Richard Swinburne, in *Physical Cosmology and Philosophy* (ed. J. Leslie, Macmillan, London, 1990), p. 172.

CHAPTER 8: Designer Universe

1. *The First Three Minutes* by Steven Weinberg (Andre Deutsch, London, 1977), p. 149.
2. *Chance and Necessity* by Jacques Monod, trans. A. Wainhouse (Collins, London, 1972), p. 167.
3. *The Fitness of the Environment* by L. J. Henderson (reprinted by Peter Smith, Gloucester, Mass., 1970), p. 312.
4. Quoted in *Religion and the Scientists* (ed. Mervyn Stockwood, SCM, London, 1959), p. 82.
5. *The Intelligent Universe* by Fred Hoyle (Michael Joseph, London, 1983), p. 218.
6. *Cosmic Coincidences* by John Gribbin and Martin Rees (Bantam Books, New York and London, 1989), p. 269.

7. *Summa Theologiae* by Thomas Aquinas, pt. I, ques. II, art. 3.
8. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* by Isaac Newton (1687), bk. III, General Scholium.
9. "A Disquisition About the Final Causes of Natural Things," in *Works* by Robert Boyle (London, 1744), vol. 4, p. 522.
10. *Universes* by John Leslie (Routledge, London and New York, 1989), p. 160.
11. *The Mysterious Universe* by James Jeans (Cambridge University Press, Cambridge, 1931), p. 137.
12. "The Faith of a Physicist" by John Polkinghorne, *Physics Education* 22 (1987), p. 12.
13. *Value and Existence* by John Leslie (Basil Blackwell, Oxford, 1979), p. 24.
14. "Cosmological Fecundity: Theories of Multiple Universes" by George Gale, in *Physical Cosmology and Philosophy* (ed. J. Leslie, Macmillan, London, 1990), p. 189.

CHAPTER 9: The Mystery at the End of the Universe

1. "Information, Physics, Quantum: The Search for Links" by John Wheeler, in *Complexity, Entropy and the Physics of Information* (ed. Wojciech H. Zurek, Addison-Wesley, Redwood City, California, 1990), p. 8. See also n. 21 to ch. 7.
2. *Vicious Circles and Infinity: An Anthology of Paradoxes* by Patrick Hughes and George Brecht (Doubleday, New York, 1975), Plate 15.
3. "Information" by Wheeler, p. 8.
4. Ibid., p. 9.
5. *Grounds for Reasonable Belief* by Russell Stannard (Scottish Academic Press, Edinburgh, 1989), p. 169.
6. *The Philosopher's Stone: The Sciences of Synchronicity and Creativity* by F. David Peat (Bantam Doubleday, New York, 1991), in the press.
7. *Quantum Questions* (ed. Ken Wilber, New Science Library, Shambhala, Boulder, and London, 1984), p. 7.
8. *Infinity and the Mind* by Rudy Rucker (Birkhauser, Boston, 1982), pp. 47, 170.
9. "The Universe: Past and Present Reflections" by Fred Hoyle, University of Cardiff report 70 (1981), p. 43.
10. Ibid., p. 42.
11. *Infinity* by Rucker, p. 48.

محتويات الكتاب





التدبير الإلهي

الأساس العلمي لعالم منطقي

منذ القدم، أي منذ بدأ الإنسان يُعمِل فكره، أخذ التساؤل عن سر الكون ووجوده يشغل فكر الإنسان.

وكان العلماء والمفكرين في طليعة هؤلاء. شُغِلَ الجميع في البحث عن جواب شافٍ. وكانت الإجابات على الدوام متضاربة. فمن رأي يقول بأن خالقاً عظيماً (الله) هو من خلق وتدبر ووضع القوانين والنواميس، إلى رأي آخر يرى أن هذا الكون قائم على الفوضى ولاقرار له. وثمة رأي ثالث يرى أن ثمة قوة مدبرة تقف وراء الوجود العقلاني لهذا الكون.

في هذا الكتاب يبحث الكاتب في أمر وسر هذا الوجود العقلاني لكوننا، مستخدماً الأفكار والنظريات العلمية القائمة على المواد الملموسة.



دار الحصاد

سورية - دمشق - ص.ب: ٤٤٩٠

هـ: ٢١٣٤٦٩٢ / فا: ٢١٢٦٣٢٦